



Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный педагогический университет
имени Максима Танка»

УДК 617.7(075.8)
ББК 56.7я73
С454

Печатается по решению редакционно-издательского совета БГПУ

Г.В. Скриган

АНАТОМИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И ПАТОЛОГИЯ ОРГАНОВ ЗРЕНИЯ

Рекомендовано учебно-методическим объединением
по педагогическому образованию в качестве пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности

1-03 03 07 Тифлопедагогика. Дополнительная специальность

Рецензенты:

доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом
антропологии и экологии ГНУ «Институт истории НАН Беларуси»
Л.И. Тегако;

заведующий учебной практикой отделения повышения
квалификации и переподготовки кадров УО «Белорусский
государственный медицинский колледж» *Т.С. Тагай*

Скриган, Г.В.

С454 **Анатомия, физиология и патология органов зрения : пособие /**
Г.В. Скриган. – Минск : БГПУ, 2012. – 104 с.
ISBN 978-985-541-060-8.

В пособии представлена информация о сенсорных системах, морфологии
и функциях органов зрения. Рассмотрены вопросы этиологии и патогенеза
патологии зрения, основные клинические проявления наиболее значимых
заболеваний, приводящих к нарушению зрительной функции. Уделено вни-
мание вопросу профилактики нарушений зрения.

Адресуется студентам факультета специального образования; может
быть использовано студентами биологических специальностей педагогиче-
ских университетов.

УДК 617.7(075.8)
ББК 56.7я73

Минск 2012

ISBN 978-985-541-060-8

© Скриган Г.В., 2012
© БГПУ, 2012

Знания о строении и функционировании зрительной сенсорной системы в норме и патологии являются медико-биологической основой подготовки студента-тифлопедагога. Понимание глубины нарушений и механизмов их компенсации является важным условием эффективной коррекционной и реабилитационной работы специалиста системы специального образования.

Разобшенность литературных источников по основным компонентам предмета определяется спецификой дисциплины, включающей биологические и клинические сведения об органе зрения, что обусловило необходимость создания данного пособия. Подобранный материал обеспечит студентов теоретической информацией по анатомии, физиологии и патологии органов зрения. Предусмотрена возможность самостоятельного контроля знаний с помощью вопросов и заданий, приводимых после каждой темы.

Пособие составлено в соответствии с программой дисциплины «Анатомия, физиология и патология органов зрения» с целью расширить ранее полученные медико-биологические знания и входит в базовый компонент для последующего изучения психолого-педагогических дисциплин.

В первой теме изложены общие принципы строения и работы сенсорных систем. Рассмотрен вопрос классификации рецепторов и их свойства. Целью представленного материала является создание целостного представления о сенсорных системах, как образованиях, воспринимающих и анализирующих действие всех раздражителей, в результате деятельности которых формируются ощущения.

Последующие темы представляют сведения об особенностях строения и функционирования зрительной сенсорной системы в норме и основные патологические проявления. Рассмотрены причины и патофизиологические механизмы появления и развития нарушения зрения. Изложены основные клинические проявления социально значимых заболеваний органа зрения, приводящих к нарушению зрительной функции. Уделено внимание вопросу профилактики нарушений зрения.

Пособие адресуется студентам факультета специального образования дневной и заочной формы обучения по специальности «Тифлопедагогика», а также может быть использовано студентами других специальностей при изучении органов зрения.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СЕНСОРНЫХ СИСТЕМАХ

Понятие о сенсорной системе. Непременным условием нормальной жизнедеятельности человека является постоянное получение центральной нервной системой информации о состоянии и изменениях внешнего окружения и внутренней среды организма. Принятая информация обеспечивает приспособительные реакции организма человека к этим изменениям. Получение сведений, переработка этой информации и на основе ее планирование и программирование предстоящей деятельности обеспечивается существованием и функционированием сенсорных систем. Сенсорные системы поддерживают оптимальный тонус коры головного мозга. В условиях уменьшенного потока информации из окружающей среды происходит ограничение развития нервных клеток и мозговых структур, а также организма в целом.

Представление о сенсорных системах было сформулировано И.П. Павловым в учении об анализаторах в 1909 г. при исследовании высшей нервной деятельности. *Анализатор* – совокупность центральных и периферических образований, воспринимающих и анализирующих изменения внешней и внутренней среды организма. В целостной системе каждого анализатора были выделены три отдела: периферический, проводниковый и центральный.

Понятие «сенсорная система» появилось позже и включило механизмы регуляции различных отделов анализатора с помощью прямых и обратных связей. *Сенсорная система* (от лат. *sensus* – чувства, восприятие) – это совокупность структур, воспринимающих и анализирующих раздражители, а также осуществляющих обратную связь высших центров анализа с управляющим и рецепторным аппаратом, их настройку и отсеивание неактуальной информации. Любая сенсорная система включает следующие элементы: рецепторные образования, периферические сенсорные

пути, сенсорные проводящие сети и нейронные сети центральной нервной системы, сенсорные и ассоциативные области коры больших полушарий.

Сенсорная система выполняет следующие основные функции, или операции, с сигналами: рецепция (обнаружение), различение, передача и преобразование, кодирование, детектирование признаков, опознание образов. Обнаружение и первичное различение сигналов обеспечивается рецепторами, а детектирование и опознание сигналов – нейронами коры больших полушарий. Передачу, преобразование и кодирование сигналов осуществляют нейроны всех слоев сенсорных систем.

Периферический отдел сенсорной системы. Периферический (рецепторный) отдел сенсорной системы формируется нервными окончаниями сенсорных нейронов или специализированными сенсорными клетками эпителиального происхождения. *Рецептор* (от лат. *receptia* – прием) – образование (клетка, часть клетки), воспринимающее и трансформирующее энергию раздражающего стимула в специфическую активность нервной системы. Рецепторы обеспечивают обнаружение и различение сигналов (первичный анализ), их преобразование, кодирование и передачу на афферентные волокна. Рецепторы могут входить в состав сложноустроенных сенсорных органов, или органов чувств (глаза, уха, языка и др.).

Орган чувств (сенсорный орган) – морфофункциональное образование, обеспечивающее оптимальные условия для функционирования рецепторов и анализаторов при помощи дополнительных структур (полостей, жидкостей, мышц), выполняющее восприятие сигналов, их первичный анализ, преобразование энергии внешнего воздействия в нервный импульс и передачу импульса в центральную нервную систему. В отличие от рецептора орган чувств имеет более широкие воспринимающие функции, он включает также вспомогательные структуры, обеспечивающие избирательное проникновение к рецепторам определенных стимулов (все другие стимулы отсеиваются, фильтруются). Вспомогательные образования служат для облегчения работы рецепто-

рам. Например, оптическая система глаза обеспечивает прохождение к рецепторам только светового стимула.

Классификация рецепторов. Рецепторы классифицируют на основании учета нескольких критериев.

1. В зависимости от локализации раздражающего импульса рецепторы делят:

- на экстерорецепторы – принимают раздражения из внешней среды (рецепторы органов зрения, слуха, обоняния, вкуса, осязания и др.);
- интерорецепторы – реагируют на сигналы из внутренней среды организма, они в свою очередь подразделяются на висцерорецепторы (рецепторы внутренних органов), вестибуло- и проприорецепторы (рецепторы опорно-двигательного аппарата, воспринимающие сигналы об изменении положения тела и движения его частей).

2. В зависимости от характера связи с раздражителем рецепторы делят:

- на дистантные – реагируют на сигналы от удаленных источников (зрительные, слуховые, обонятельные);
- контактные – возбуждаются при непосредственном контакте с раздражителем (вкусовые, тактильные).

3. Виды рецепторов в зависимости от характера ощущений, формирующихся при их раздражении: зрительные, вкусовые, слуховые, обонятельные, осязательные, рецепторы боли, терморецепторы, проприо- и вестибулорецепторы.

4. Виды рецепторов в зависимости от качества стимула (модальности), то есть реагирования на определенный вид энергии:

- хеморецепторы – чувствительны к химическим веществам, воспринимают влажность, запах, вкус;
- механорецепторы – чувствительны к механическому раздражению, воспринимают звук, прикосновение, давление, гравитацию;
- фоторецепторы – чувствительны к свету;
- терморецепторы – чувствительны к изменениям температуры.

5. В зависимости от уровня специфичности рецепторы делят:

- на мономодальные – воспринимают один вид раздражителя (зрительные, слуховые рецепторы);

- полимодальные – воспринимают несколько раздражителей (болевые рецепторы).

6. В зависимости от особенностей морфофункциональной организации и механизма возникновения возбуждения рецепторы делят:

- на первичные (первичновоспринимающие) – представляют собой окончания чувствительных биполярных клеток, тело которых находится вне центральной нервной системы (в спинномозговом ганглии или в ганглии черепных нервов), один отросток подходит к воспринимающей раздражение поверхности, а другой направляется в центральную нервную систему; то есть раздражитель действует непосредственно на окончания сенсорного нейрона и преобразование стимула в энергию нервного импульса происходит в первом нейроне сенсорной системы; к ним относятся рецепторы обоняния, терморецепторы, proprioreцепторы;

- вторичные (вторичновоспринимающие) – в своем составе помимо нервного волокна имеют специализированную сенсорную клетку, которая называется рецептирующей; воспринимают информацию вторично, первичная информация идет на рецептирующую клетку, она расположена между чувствительным нейроном и точкой приложения раздражителя и контактирует с чувствительным волокном посредством синапса; к ним относятся специализированные клетки (зрительные, слуховые, вкусовые, вестибулярные).

Механизм возбуждения рецепторов. В отсутствие раздражителя на мембране нервной клетки регистрируется потенциал покоя. Внутренняя ее поверхность заряжена отрицательно, наружная – положительно. Потенциал покоя обеспечивается разной проницаемостью мембраны для ионов калия и натрия. В спокойном состоянии она проницаема для ионов калия и непроницаема для ионов натрия, что определяет их разную концентрацию по

обе стороны мембраны (ионы калия преобладают внутри клетки, ионы натрия – снаружи).

Действие стимула пороговой силы на рецепторную клетку вызывает кратковременное изменение проницаемости мембраны для определенных ионов. Ионы натрия устремляются внутрь нервного волокна, неся с собой положительные заряды. В результате знак заряда мембраны меняется: ее внутренняя поверхность становится положительной, наружная – отрицательной (фаза деполяризации). В последующем поступление ионов натрия внутрь волокна прекращается, а наружу начинают выводиться ионы калия, вынося из клетки положительный заряд и восстанавливая тем самым первоначальный заряд мембраны (фаза реполяризации). После этого следует кратковременное колебание заряда вокруг значения потенциала покоя (следовый потенциал). Кратковременное изменение мембранного потенциала носит название потенциала действия, или нервного импульса.

В первичновоспринимающих рецепторах в результате возникновения ионных токов, деполяризующих мембрану, происходит генерация (образование) рецепторного потенциала. Рецепторный потенциал воздействует на соседние, наиболее чувствительные участки мембраны, где генерируется потенциал действия, который далее в виде импульсов распространяется по нервному волокну.

Во вторичновоспринимающих рецепторах рецепторный потенциал приводит к образованию и выделению медиатора из пресинаптического отдела рецептирующей клетки в синаптическую щель рецепторно-афферентного синапса. Этот медиатор воздействует на постсинаптическую мембрану чувствительного нейрона, вызывает ее деполяризацию и образование постсинаптического потенциала, который называют генераторным потенциалом. Генераторный потенциал, действуя на внесинаптические участки мембраны чувствительного нейрона, обуславливает генерацию потенциала действия, далее распространяющегося по нервному волокну. Иными словами в отличие от первичных рецепторов, во вторичночувствующих сенсорный нейрон возбуждается не непо-

средственно стимулом, а опосредовано (вторично) – потенциалом рецептирующей клетки.

Потенциал действия в каждой новой точке нервного волокна является раздражителем, вызывая возникновение местных токов между этим и следующим соседним с ним участком и деполяризацию мембраны соседнего участка с развитием на нем потенциала действия. Таким образом потенциал действия распространяется по нервному волокну.

Проводниковый отдел сенсорной системы. Проводниковый отдел – обеспечивает передачу возбуждения от рецепторов в центральную нервную систему. К основным функциям, выполняемым отделом, относится также кодирование информации о стимуле. Частично проводниковый отдел сенсорной системы относится к периферической нервной системе, а частично – к центральной.

Периферическая часть проводникового отдела сенсорных систем представлена чувствительными (афферентными) волокнами черепных и спинномозговых нервов, передающих информацию от рецепторов в центральную нервную систему.

Центральная часть проводникового отдела сенсорных систем представлена специфическими внутримозговыми проводящими путями, состоящими из нескольких последовательно соединенных нейронов, настроенных на специфическую модальность. Они направляют информацию в соответствующие зоны коры больших полушарий. К центральному звену проводникового отдела сенсорных систем относятся также нейроны центров первичного анализа в стволе и подкорковых структурах, то есть первичные центры (нейронные сети центральной нервной системы).

Общие принципы организации сенсорных путей.

Многослойность. В каждой сенсорной системе существует несколько промежуточных слоев нервных клеток на пути от рецепторных элементов к коре больших полушарий. Между собой слои связаны проводящими путями, образованными аксонами нейронов. В большинстве сенсорных систем первый нейрон локализован в чувствительных ганглиях (спинальных или черепно-

мозговых), второй нейрон лежит в ядрах спинного мозга или ствола, в таламусе находится третий нейрон сенсорного пути. Такое построение дает возможность специализировать нейронные слои на переработку отдельных видов информации, что позволяет организму более быстро реагировать на простые сигналы, анализируемые уже на первых уровнях сенсорной системы.

Многоканальность. Возбуждение передается от рецепторов в кору всегда по нескольким параллельным путям, вследствие наличия в каждом из слоев множества нервных элементов, связанных со множеством элементов следующего слоя, посылающих в свою очередь нервные импульсы к элементам более высокого уровня. Потоки возбуждения частично дублируются и частично разделяются. По ним передается информация о различных свойствах раздражителя. Большинство путей являются частично перекрещенными. Это означает, что имеется связь с обеими половинами тела. При патологии проводникового отдела нарушение будет появляться с обеих сторон.

Во всех сенсорных системах обязательно существуют три пути (канала) передачи возбуждения. Специфический путь ведет в первичную сенсорную проекционную зону коры. Каждая сенсорная система имеет собственные проводящие пути, по которым информация отправляется от специализированных рецепторных образований в зоны коры больших полушарий соответствующей модальности (зрительную, слуховую и др.). Нейроны, составляющие специфические сенсорные пути, отдают на своем протяжении коллатерали к нейронам ретикулярной формации, неспецифическим ядрам таламуса и другим структурам мозга. Здесь импульсация теряет свою специфичность, но поток афферентных импульсов необходим для поддержания активности нейронов ретикулярной формации, от которой зависит активное состояние всей центральной нервной системы. Через коллатерали нейроны модально-специфических сенсорных путей могут взаимодействовать друг с другом. Благодаря этому становятся возможными совместные реакции. Таким образом, неспецифический путь обеспечивает общую активность и тонус коркового отдела анализатора.

Ассоциативный путь определяет биологическую значимость раздражителя и управляет вниманием. Наличие множества каналов обеспечивает сенсорным системам большую надежность и тонкость анализа. При повреждении разных путей проявления будут различные.

Принцип конвергенции и дивергенции. Состоит в наличии неодинакового числа элементов сенсорного пути в соседних слоях. Конвергенция – это схождение нервных путей в виде воронки. За счет конвергенции нейрон верхнего уровня получает возбуждение от нескольких нейронов нижележащего уровня. Физиологический смысл конвергенции сводится к уменьшению количества информации, передаваемой в мозг. Дивергенция – это расхождение потока возбуждения на несколько потоков от низшего этажа к высшему. Физиологический смысл дивергенции сводится к обеспечению более дробного и сложного анализа разных признаков сигнала. В соответствии с этим принципом один нейрон периферической нервной системы через ряд переключений на подкорковый уровень связан с большим количеством корковых нейронов этой же системы. Совокупность нейронов более высокого слоя в системе, получающая импульсы от одного нейрона, называется *проекционной зоной* нейрона. *Рецептивная зона* нейрона – совокупность рецепторов, которые несут сигналы данному нейрону.

Особенность строения сенсорных систем такова, что обе зоны существуют одновременно и частично перекрещиваются. Благодаря такому строению информация, приходящая на нейрон, передается во многие другие нейроны, то есть дублируется. Рецептивные и проекционные поля соседних нейронов также перекрещиваются. Эта особенность играет значительную роль в восстановлении утраченной функции. Вся совокупность нейронов, их проекционные и рецептивные поля представляют собой нервную сеть, в которую входит проводниковый отдел.

Корковый отдел сенсорной системы. Каждая сенсорная система имеет свое представительство в коре больших полушарий. По И.П. Павлову, корковый отдел анализатора состоит из ядра или ядерной зоны и периферической зоны или зоны рассеянных

элементов. Под «ядром» анализатора понимают зону коры, в которой после соответствующих переключений в подкорковых ядрах имеет место детальное представительство периферического отдела анализатора в виде специфических нейронов, перерабатывающих афферентную импульсацию от рецепторов определенного вида. Ядерная зона выполняет наиболее сложные задачи анализа и синтеза поступающей информации. Ядерная зона расположена локально. Периферическая зона представлена отдельными нейронами, рассредоточенными по коре большого мозга. В зоне рассеянных элементов осуществляется элементарный анализ и синтез.

Корковые отделы сенсорных систем называют также «сенсорными зонами». Выделяют три основных зоны коркового отдела.

1. *Первичная (проекционная) сенсорная зона* – это зона коры, соответствующая тем архитектоническим полям, где заканчиваются специфические чувствительные проводящие пути. Каждому участку такой зоны соответствует определенный участок периферической рецепторной поверхности, то есть для первичных сенсорных зон характерна топическая организация. Раздражение или разрушение первичных сенсорных зон вызывает четкие и постоянные изменения чувствительности организма. Состоят главным образом из нейронов четвертого афферентного слоя. Значительная часть этих нейронов обладает высочайшей специфичностью и определяет формирование ощущения одного качества. Сигнал в первичные сенсорные зоны поступает от соответствующих рецепторов по быстропроводящим специфическим путям. При восприятии стимула проекционная зона возбуждается неравномерно. Активируются, главным образом, те нейроны, к которым поступает информация от возбужденных рецепторов. Этот первичный этап нередко обозначают как сенсорный анализ. Таким образом, первичные сенсорные зоны коркового отдела определяют качественные узкоспецифичные характеристики стимула, а также в целом обеспечивают мелкий синтез поступающих сигналов.

2. *Вторичная (проекционно-ассоциативная) сенсорная зона* – зона расположенная вблизи первичной сенсорной зоны, непосредственно не связанная со специфическими проводящими пу-

тиями. Вторичные зоны менее локализованы и как бы надстраиваются над первичными. Их активация происходит по полисинаптическим путям. Здесь осуществляются более сложные формы анализа и синтеза, происходит более детальная обработка информации, поступающей в первичные поля. Деятельность вторичных сенсорных зон коры связывается с интеграцией разобщенных возбуждений первичной проекционной зоны коры и формированием целостных образов восприятия.

3. *Третичная (ассоциативная) сенсорная зона* – зона, занимающая остальную, большую часть коры, надстраивается над вторичной, самая молодая и выполняет наиболее сложные функции. Ассоциативные зоны не связаны непосредственно с периферией или с нижележащими отделами нервной системы, имеют связи с другими участками коры, в том числе и с проекционными зонами. Располагаются в местах перекрытия отдельных анализаторов. Активация ассоциативных зон коры происходит по полисинаптическим неспецифическим путям. На основании информации, поступающей из первичных и вторичных зон, третичная зона вырабатывает цели и задачи поведения, то есть происходит выбор или разработка программы ответной реакции организма. Функции третичных зон связаны с процессами межмодального обобщения и построения картины мира.

Особенности строения коркового отдела обеспечивают широкие компенсаторные возможности при утраченных функциях. Поражение первичных зон сенсорных систем всегда сопровождается грубыми нарушениями соответствующей сенсорной или моторной функции. Поражение вторичных или третичных зон вызывает расстройство аналитико-синтетической деятельности мозга, например, гнозиса и праксиса, речи, целенаправленного поведения и пр. При поражении третичной зоны прогноз наиболее благоприятный. Со временем происходит восстановление утраченной функции.

Общие свойства сенсорных систем.

Высокая чувствительность к адекватному раздражителю.

Адекватные раздражители – это стимулы, восприимчивость

к которым у рецепторных элементов сенсорной системы предельно высока (например, палочки чувствительны к свету). Интенсивность ощущения, возникающего при воздействии раздражителя одной и той же силы, зависит от возбудимости самой сенсорной системы на всех ее уровнях. Уровень чувствительности сенсорной системы является одним из важнейших показателей, характеризующих ее функциональное состояние. Оценка чувствительности осуществляется с помощью следующих показателей.

Порог ощущения (абсолютный порог чувствительности) – минимальная сила раздражения, вызывающая такое возбуждение, которое воспринимается субъективно в виде ощущения.

Порог различения (дифференциальный порог чувствительности) – минимальное изменение силы действующего раздражителя, воспринимаемое субъективно в виде изменения интенсивности ощущения (различия в цветовых оттенках, яркости света, степени напряжения мышц, суставных углах и пр.). Различение начинается в рецепторах, но в нем участвуют нейроны всех отделов сенсорной системы.

Специфичность – избирательная чувствительность рецепторных элементов сенсорных систем к раздражителям. Энергия адекватных стимулов может быть преобразована в нервные импульсы. Большинство рецепторов эволюционно приспособлено к восприятию одного вида (модальности) раздражителя – света, звука и т. п. Возбуждение рецепторов может возникать и при действии неадекватных раздражителей (например, при механическом раздражении, ударе по глазам, человек тоже видит вспышки света). Однако в этом случае пороги ощущения оказываются значительно более высокими.

Инерционность – заключается в сравнительно медленном возникновении и исчезновении ощущений. Период от момента воздействия стимула до возникновения ощущений складывается из времени необходимого для возбуждения рецепторов, времени для перехода возбуждения с одного нейрона на другой, времени возбуждения ретикулярной формации и генерализации возбуждения в коре больших полушарий. Сохранение на некоторый период

ощущений после выключения раздражителя объясняется явлением последействия в центральной нервной системе, в основном циркуляцией возбуждения.

Адаптация – заключается в снижении чувствительности сенсорной системы к постоянно действующему раздражителю. Субъективно адаптация проявляется в «привыкании» к действию постоянного раздражителя – шума, запаха, давления одежды и т. д. Например, человек не замечает непрерывного тиканья часов, постоянного давления одежды.

Адаптация периферических элементов возможна, поскольку пороги ощущения не являются постоянной величиной. Путем их повышения, то есть снижения чувствительности рецепторов, происходит приспособление к длительным монотонным раздражениям. Когда действие раздражителя прекращается, возникшая под его влиянием адаптация постепенно исчезает и чувствительность рецепторов повышается. Наивысшей чувствительностью рецептор обладает в начале действия раздражителя и в конце. На рецепторном уровне при длительной стимуляции адаптация проявляется в снижении величины генераторного потенциала и частоты импульсации в афферентных волокнах.

Адаптационные процессы охватывают не только рецепторы, но и все звенья сенсорных систем, в том числе нервные центры. При адаптации часть информации о действующих стимулах теряется. Потеря может быть компенсирована повышением чувствительности рецепторов к стимулу. Адаптация имеет защитное значение, так как она отсеивает избыточные сигналы, тем самым предотвращая перегрузку нервной системы ненужной информацией.

Принципы обработки сенсорной информации. Функциональная активность коры большого мозга обеспечивается свойствами нервных клеток. Сенсорный нейрон способен принимать, кодировать, хранить и передавать информацию, реагировать на раздражения, контактировать с другими нейронами и клетками органов. В процессе обработки информации все части анализатора действуют как единое целое. Нарушение деятельности одной из частей вызывает нарушение функций всего анализатора. Пере-

работка информации в сенсорных системах осуществляется с помощью процессов возбуждательного и тормозного межнейронного взаимодействия.

Кодирование заключается в преобразовании информации о действии стимулов разной модальности на рецепторный аппарат в универсальные для мозга сигналы – нервные импульсы. Для каждой модальности имеется своя форма кодирования информации в соответствии с физическими свойствами различаемых стимулов. В качестве сигнальных признаков кода используются такие параметры, как частота импульсов, группирование импульсов в пачки, число импульсов в пачке, варьирование интервалов между пачками. Так обеспечивается кодирование вкусовых раздражителей. Сенсорная информация кодируется также местом возбуждения в нейронном слое, то есть за счет пространственно упорядоченного расположения нейронов на различных уровнях сенсорных систем соответственно характеристикам их рецептивных полей. Так осуществляется распознавание многих качеств зрительных образов. Преобразованная информация поступает на следующий уровень сенсорной системы, где подвергается дальнейшим преобразованиям, приводящим к изменению кода. В кодировании всех характеристик раздражителя принимают участие все отделы анализатора. Передача сигнала от одной клетки к другой во всех отделах анализатора осуществляется с помощью химического кода, то есть различных медиаторов. Для периферических отделов сенсорной системы типично временное кодирование признаков раздражителя, а на высших уровнях происходит переход к преимущественно пространственному коду.

В периферическом отделе сенсорной системы осуществляется первичное кодирование. В рецепторах происходит кодирование качества, интенсивности и времени действия стимула.

Кодирование качества стимула обеспечивается избирательной чувствительностью рецепторов к определенному виду энергии и очень низкими порогами возбуждения для адекватных раздражителей. Например, свет возбуждает только рецепторы сетчатки, другие рецепторы на него обычно не реагируют.

Кодирование интенсивности раздражителя может осуществляться посредством изменения частоты нервных импульсов, генерируемых рецепторами при изменении силы раздражителя, кроме того, различной величиной латентного периода и временем реакции. Так, с увеличением интенсивности стимула общее количество импульсов, возникающих в рецепторах в единицу времени, обычно возрастает, латентный период уменьшается, время реакции удлиняется. При изменении силы раздражителя может изменяться и число возбужденных рецепторов.

Кодирование пространства осуществляется величиной площади, на которой возбуждаются рецепторы. Локализация действия раздражителя кодируется тем, что рецепторы различных участков тела посылают импульсы в определенные зоны коры большого мозга.

Кодирование времени действия раздражителя на рецептор осуществляется за счет того, что он начинает возбуждаться с началом действия раздражителя и прекращает возбуждаться сразу после выключения раздражителя. При развитии адаптации к раздражителю, действующему с постоянной силой, усиление стимула также действует на адаптированный рецептор как новый раздражитель.

В проводниковом отделе сенсорной системы кодирование осуществляется только в месте передачи сигнала от одного нейрона к другому, где происходит смена кода. В самих нервных волокнах информация не кодируется. В месте переключения нейронов кодирование обеспечивается за счет изменения объема импульсации на входе и на выходе и за счет пространственного кодирования, то есть изменения количества каналов связи, по которым сигнализация поступает в мозг. В обоих случаях, чем сильнее раздражитель, тем большее число нейронов возбуждается. В вышележащих отделах центральной нервной системы частота разрядов нейронов уменьшается и длительная импульсация превращается в короткие пачки импульсов. Имеются нейроны, возбуждающиеся не только при появлении стимула, но и при его выключении, что также связано с активностью рецепторов и взаимодействием самих нейронов.

За счет существования нейронов-детекторов обеспечивается идентификация стимула через избирательный анализ отдельных признаков раздражителя. Количество нейронов, отражающих лишь частично свойства стимула, возрастает на каждом последующем уровне сенсорной системы. В то же время на каждом последующем уровне анализатора имеются нейроны, дублирующие свойства нейронов предыдущего отдела, что создает основу надежности функции анализаторов.

Контроль сенсорной информации обеспечивается тормозными процессами, которые осуществляют ее фильтрацию и дифференциацию, что позволяет устранять несущественные, неприятные, избыточные сигналы.

В корковом конце анализатора происходит частотно-пространственное кодирование, осуществляемое за счет наличия специализированных нейронов и их связей с определенными видами рецепторов. Импульсы поступают от рецепторов в определенные зоны коры с различными временными интервалами. Поступающая в виде нервных импульсов информация перекодируется в структурные и биохимические изменения в нейронах (механизмы памяти). В коре мозга осуществляется высший анализ и синтез поступившей информации. Анализ заключается в различении модальности и качества, силы раздражителей, времени и места их действия. Синтез реализуется в узнавании известного предмета, явления или в формировании образа, впервые встречаемого предмета, явления. Для формирования образа нового предмета, явления необходимо взаимодействие нескольких анализаторов, что лежит в основе компенсации нарушенных функций при утрате одного из анализаторов. Оpozнание завершается принятием решения о том, с каким объектом или ситуацией встретился организм. В результате этого происходит восприятие, то есть мы осознаем, чье лицо видим перед собой, кого слышим, какой запах чувствуем. Оpozнание стимула является конечной и наиболее сложной операцией сенсорных систем. После этого происходит выбор или разработка программы ответной реакции организма.

☞ Вопросы и задания

1. Дайте определение понятий «рецептор» и «орган чувств». В чем состоит их различие? Перечислите функции рецептора и органа чувств.
2. Дайте определение понятий «анализатор» и «сенсорная система». Укажите их различия.
3. Заполните таблицу соответствия функций сенсорных систем и морфологических структур, их обеспечивающих.

Выполняемая функция	Морфологические структуры, обеспечивающие реализацию функции
Обнаружение	
Различение	
Преобразование	
Передача	
Кодирование	
Детектирование признаков	
Опознавание образов	

4. Перечислите критерии, на основании которых классифицируют рецепторы.
5. В чем состоит принцип разделения рецепторов на первичные и вторичные?
6. Схема какого процесса приведена ниже? Где он происходит?

Стимул → Преобразование → Рецепторный потенциал → Синаптическая передача → Генераторный потенциал → Потенциал действия

7. В чем состоит принцип многослойности сенсорных путей?
8. В чем состоит принцип многоканальности сенсорных путей? Какие пути передачи информации существуют и каково их функциональное значение?
9. Дайте определение понятий «рецептивная зона» и «проекционная зона».
10. Поражение каких зон коркового отдела сенсорных систем имеет наиболее благоприятный прогноз?
11. Заполните таблицу по сравнительной характеристике зон коркового отдела сенсорных систем.

Признак	Зоны коркового отдела сенсорных систем		
	первичная зона	вторичная зона	третичная зона
Расположение			
Характер локализации			
Выполняемые функции			

12. Дайте определение понятий «порог ощущения» и «порог различения».
13. В чем состоит функциональное значение адаптации?
14. Что такое «кодирование»? Какие формы кодирования информации существуют?

Расположение глазного яблока и его морфометрическая характеристика. Зрительная сенсорная система, как и любая другая, состоит из трех отделов: периферического, проводникового и коркового.

Периферический отдел представлен органом зрения. Он состоит из глазного яблока и вспомогательных органов глаза.

Глазное яблоко (*bulbus oculi*) представляет собой эластичное образование, имеющее не совсем правильную, шаровидную форму. В нем выделяют передний и задний полюсы. *Передний полюс* – это наиболее выступающая точка его передней поверхности. *Задний полюс* расположен латерально (кнаружи) от места выхода зрительного нерва. Соединяющая полюсы условная линия называется *наружной осью* глаза. Длина оси составляет примерно 24 мм и является наибольшим размером глаза. Условная линия, представляющая наибольшую окружность глазного яблока во фронтальной плоскости, перпендикулярной наружной оси глаза, носит название *экватор*, высота которого равна 23,3 мм и является наибольшим вертикальным размером глаза. Наибольший поперечный размер глазного яблока в среднем равен 23,6 мм. Линии, проведенные перпендикулярно экватору и соединяющие на поверхности глазного яблока оба его полюса, носят название *меридианов*. Вертикальный и горизонтальный меридианы делят глазное яблоко на квадранты. От наружной оси следует отличать внутреннюю ось глазного яблока. Она равна 21,3 мм и соединяет точку внутренней поверхности фиброзной оболочки, соответствующую ее переднему полюсу, с точкой на сетчатке, соответствующей заднему полюсу глазного яблока. Объем глазного яблока у взрослого человека в среднем равен 7,448 см³. Глазное яблоко состоит из внутреннего ядра и оболочек, окружающих ядро.

Находится глазное яблоко в костной полости черепа, которая называется *глазницей*, или *орбитой*. Глазница имеет форму пира-

миды, расположенной горизонтально, у ее верхушки находится *зрительный канал*. Полость глазницы выстлана надкостницей, которая в области зрительного канала и верхней глазничной щели срастается с твердой оболочкой головного мозга. Глазное яблоко окружено соединительнотканной сумкой (тенонова капсула), которая соединяется рыхлой соединительной тканью со склерой. Сосуды, нервы и сухожилия глазодвигательных мышц прободают тенонову капсулу. В местах прикрепления глазодвигательных мышц сумка делит глазницу как бы на два отдела (передний, где находится глазное яблоко, и задний отдел, где находится жировая клетчатка, сосуды, нервы). Между глазным яблоком и его сумкой находится узкое эписклеральное (теноново) пространство. Между надкостницей глазницы и сумкой глазного яблока залегает жировое тело глазницы. Количество жировой клетчатки изменчиво, поэтому выпуклость глаз или западение обусловлено количеством жировой клетчатки.

Проводниковый отдел зрительной сенсорной системы составляют зрительные нервы (II пара черепных нервов), хиазма или перекрест, зрительные тракты, первичные зрительные центры, внутри-мозговые зрительные пути.

Корковый отдел зрительной сенсорной системы представлен корковыми зрительными центрами в затылочной доле головного мозга.

Оболочки глазного яблока. Глазное яблоко покрыто тремя оболочками: наружной – фиброзной, средней – сосудистой и внутренней – чувствительной оболочкой, или сетчатой (рисунок 1).

Фиброзная оболочка (*tunica fibrosa bulbi*) покрывает глазное яблоко снаружи и представляет собой тонкую, но плотную оболочку (от 0,3 до 1 мм). Наиболее тонкий участок находится в области заднего полюса глаза, в месте выхода зрительного нерва. Основная функция фиброзной оболочки защитная. Она поддерживает форму и тонус глазного яблока; является местом прикрепления глазодвигательных мышц. Фиброзная оболочка состоит из 2 частей (отделов): передней – роговицы и задней – склеры. Граница между ними проходит по борозде склеры.

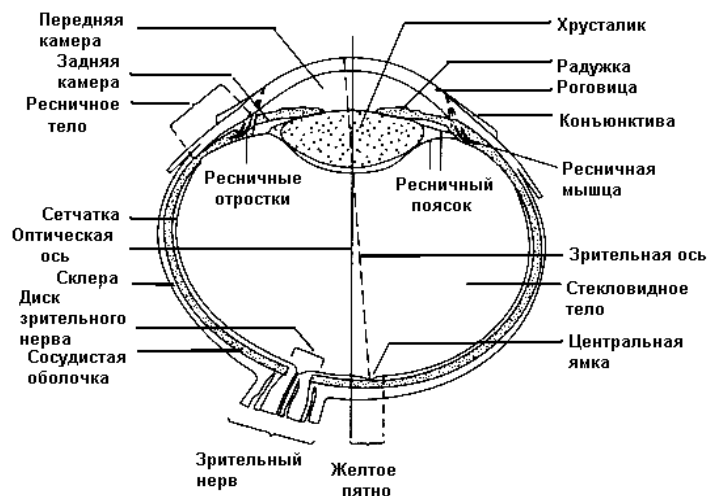


Рисунок 1 – Схема строения глазного яблока (горизонтальный разрез)

Роговица (cornea) – прозрачная часть фиброзной оболочки, составляющая около 1/6 всей ее площади. Представляет собой выпуклую пластинку блюдцеобразной формы. Кривизна ее передней и задней поверхности различна (выпуклая кпереди). Поверхность роговицы гладкая, зеркальная. Толщина отдела в центре составляет 1–1,2 мм, по периферии – 0,8–0,9 мм. Роговица состоит из пяти слоев прозрачного эпителия: передний эпителий, передняя пограничная пластинка, собственное вещество роговицы, задняя пограничная пластинка, задний эпителий (эндотелий роговицы). Передний эпителий многослойный, плоский, неороговевающий, толщиной около 50 мкм. В эпителии множество свободных безмиелиновых чувствительных нервных окончаний. Эпителиоциты поверхностного слоя покрыты микроворсинками и складками, которые удерживают на поверхности роговицы тонкую слезную пленку. Передняя пограничная пластинка (боуменова мембрана) сформирована переплетающимися коллагеновыми и ретикулярными фибриллами. Большую часть роговицы, около 0,5 мм, составляет собственное вещество роговицы. Оно образовано соединительнотканнми пластинками. Слой содержит мно-

жество нервных окончаний. Задняя пограничная пластинка (десцеметова оболочка) представляет собой эластическую мембрану толщиной около 5–10 мкм, состоящую преимущественно из мукополисахаридов. Клетки заднего эпителия осуществляют активный транспорт жидкости и ионов и участвуют в синтезе задней пограничной пластинки.

Роговица лишена кровеносных сосудов, ее питание происходит за счет диффузии из сосудов лимба и жидкости передней камеры глаза. К особенностям роговицы относятся также ее высокие светопреломляющие свойства. Она обладает значительными регенеративными возможностями, даже при полном ее повреждении восстановление происходит на третьи сутки. Роговица обладает высокой чувствительностью. За это свойство отвечает чувствительная ветвь троичного нерва. При изучении функции этого нерва, исследуют роговичный рефлекс. Круговой край роговицы называется лимбом, здесь она переходит в склеру. Лимб представляет собой полупрозрачное кольцо толщиной 1 мм. По его центру проходит неглубокий желобок.

Склера, или белочная оболочка (*sclera*) – вторая, непрозрачная часть фиброзной оболочки, составляющая 5/6 ее площади. Склера образована плотной волокнистой соединительной тканью, ее толщина 0,3–0,4 мм задней части и 0,6 мм вблизи роговицы. Состоит из собственного вещества и надсклеральной пластинки (решетчатая пластинка) – участка, через который проходят волокна зрительного нерва. В толще склеры в зоне ее соединения с роговицей имеются мелкие сообщающиеся между собой полости, образующие венозный синус склеры или шлеммов канал. Через него обеспечивается отток жидкости из передней камеры глаза. К особенностям склеры относится ее способность при определенной патологии менять цвет. В норме цвет бело-голубой, при заболевании печени – желтый цвет, при вирусных инфекциях – заметно розовое окрашивание. Склера имеет кровеносные сосуды, причем собственными сосудами она бедна, но через нее проходят стволы всех сосудов, которые образуют сосудистую оболочку.

Сосудистая оболочка глазного яблока (*chorioidea*) расположена под фиброзной оболочкой и имеет толщину 0,1–0,22 мм. Она богата кровеносными сосудами и состоит из трех частей: радужки, ресничного тела и собственно сосудистой оболочки.

Радужка (*iris*) представляет собой тонкую округлую пластинку в виде диска толщиной около 0,4 мм с отверстием в центре – зрачок. Радужка расположена между роговицей и хрусталиком. Она отделяет переднюю камеру глаза от задней. Зрачковый край радужки зазубрен, латеральный периферический край (ресничный) – переходит в ресничное тело. Состоит радужка из пяти слоев: передний, представлен эпителием, являющимся продолжением эпителия, покрывающего заднюю поверхность роговицы. За ним следуют наружный пограничный слой, сосудистый, внутренний и пигментный слой, выстилающий ее заднюю поверхность. Наружный пограничный слой образован основным веществом, в котором имеется множество фибробластов и пигментных клеток. Сосудистый слой состоит из волокнистой соединительной ткани, в которой залегают многочисленные сосуды, пигментные и другие клетки. Радужка имеет радиальную исчерченность. Кружевной рисунок создают сосуды, расположенные радиально, он заметен при осмотре в области зрачка. Внутренний пограничный слой радужки по строению сходен с наружным. Пигментный слой является продолжением слоя, покрывающего цилиарное тело и ресничные отростки, имеет два слоя. Разное количество и качество пигмента меланина обуславливает цвет глаз. При наличии большого количества пигмента цвет черный, если меланоциты имеются лишь в заднем эпителии – голубой, так как меланин сквозь слой ткани имеет синий или голубой цвет. Установлено, что пигмент выполняет защитную функцию.

В толще радужки, в сосудистом слое, находятся 2 мышцы, выполняющие противоположные функции: мышца, суживающая зрачок (сфинктер зрачка), мышца, расширяющая зрачок (дилатор зрачка). Сфинктер зрачка образован циркулярно расположенными пучками миоцитов, пучки миоцитов, формирующие дилатор, имеют радиальное направление и лежат в задней части со-

судистого слоя. Обе мышцы связаны между собой многочисленными отдельными мышечными пучками. Мышца, суживающая зрачок, получает иннервацию от глазодвигательного нерва, а расширяющая зрачок – от симпатической нервной системы, волокнами клеток верхнего шейного узла.

В норме диаметр зрачка составляет 2,5–3 мм. Величина зрачка может изменяться. В темноте он расширяется, увеличивая световой поток, поступающий на сетчатку, на свету – сужается, ограничивая световой поток, тем самым обеспечивая защитную функцию. Изменение величины зрачка возможно также при патологии. Сужение обоих зрачков называется *миоз*, расширение – *мидриаз*. Состояние зрачков характеризует состояние нервной системы. Зрачковый рефлекс замыкается на уровне ствола головного мозга. Наибольшую диагностическую ценность представляют разные зрачки – анизокория (один из симптомов очагового поражения нервной системы).

Ресничное (цилиарное) тело (*corpus ciliare*) – представляет собой утолщенный участок сосудистой оболочки, лежащий в виде кольца шириной до 10 мм в области перехода склеры в роговицу. На разрезе ресничное тело имеет форму треугольника. Основание его обращено в переднюю камеру глаза и соединяется с наружным краем радужки. Кзади – вершина, переходящая в собственно сосудистую оболочку и покрытая ресничной частью сетчатки.

Ресничное тело делится на две части: секретирующую (от лат. *secessio* – отделение) – ресничный венец – расположенную медиальнее (внутренняя) и аккомодационную – ресничный кружок – расположенную латеральнее (наружная). Ресничный венец состоит из 70–75 ресничных отростков длиной около 2–3 мм отходящих от ресничного кружка в направлении хрусталика. Образован ресничный венец в основном кровеносными сосудами, к каждому его отростку прикрепляются беловатые волокна ресничного пояска (цинновой или хрусталиковой связки), идущие к хрусталику. Вследствие обилия и особого устройства сосудов ресничных отростков они выделяют водянистую влагу, жидкость, заполняющую камеры глаза. Аккомодационная часть ресничного тела представляет собой утолщенную полосу шириной 4 мм, перехо-

дующую в собственно сосудистую оболочку. Образована эта часть произвольной ресничной (цилиарной) мышцей, прикрепляющейся к выступу склеры – склеральной шпоре – и залегающей в толще ресничного тела. Мышца делится на три пучка: наружный – меридиональные (продольные) волокна, средний – радиальные волокна и внутренний – циркулярные волокна.

Меридиональные волокна, образующие главную часть ресничной мышцы, начинаясь от склеральной шпоры, вплетаются в переднюю часть сосудистой оболочки. При своем сокращении они смещают эту оболочку кпереди, в результате уменьшается натяжение ресничного пояса, капсула хрусталика расслабляется и он меняет свою кривизну (аккомодация) – становится более выпуклым, а его преломляющая способность увеличивается. Циркулярные волокна лежат медиальнее (внутри) от меридиональных. Они помогают аккомодации, суживая цилиарное тело и продвигая тем самым переднюю часть ресничных отростков к хрусталику, что также способствует расслаблению его капсулы. Циркулярные волокна бывают особенно развиты у гиперметропов (дальнозорких), которым приходится сильно напрягать аппарат аккомодации. Радиальные волокна располагаются в радиальном направлении между меридиональными и циркулярными пучками, сближая их при своем сокращении.

Исходное положение цилиарное тело принимает за счет присутствующих в толще ресничной мышцы эластических волокон, которые расправляют его и антагониста не требуется. Волокна ресничной мышцы переплетаются и образуют единую мышечно-эластическую систему, в детском возрасте состоящую больше из меридиональных волокон, а в старости – из циркулярных. При этом отмечается постепенная атрофия мышечных волокон и замена их соединительной тканью, чем и объясняется нарастающее ослабление аккомодации. У женщин дегенерация ресничной мышцы начинается на 5–10 лет раньше, чем у мужчин, с наступлением менопаузы.

Собственно сосудистая оболочка (tunica vasculosa bulbi) – задняя, самая обширная часть сосудистой оболочки, лежит между

склерой и сетчаткой. Представляет собой тонкую пластинку толщиной 0,1–0,2 мм темно-коричневого цвета, содержит пигментные клетки. Собственно сосудистая оболочка является своеобразной энергетической системой глаза. Она состоит из четырех слоев, в состав которых входят многочисленные сосудистые сплетения, представленные 6–8 артериями и связанными с ними венами. Наиболее крупные сосуды располагаются ближе к склере. Слой капилляров обращен в сторону прилегающей к нему изнутри сетчатки. Со склерой собственно сосудистая оболочка соединяется довольно рыхло, за исключением мест прохождения сосудов и зрительного нерва, а также места перехода склеры в роговицу, где соединение более прочное. С сетчатой оболочкой она соединяется довольно плотно, особенно с ее пигментным слоем. Собственно сосудистая оболочка является источником пурпура, который образуется при фотохимических реакциях в палочках и колбочках и отвечает за питание глаза.

Светочувствительная оболочка (tunica sensoria bulbi), или *сетчатка (retina)* является внутренней оболочкой глазного яблока. Ее наружная поверхность прилегает к сосудистой оболочке, а внутренняя – к стекловидному телу. Прилегая к сосудистой оболочке, сетчатка почти на всем протяжении удерживается давлением стекловидного тела. В связи с этим легко может возникать ее отслойка. Плотное прикрепление сетчатки имеет только в области зрительного нерва. Место его выхода называется *диск зрительного нерва*. В этой области отсутствуют светочувствительные клетки (фоторецепторы), поэтому этот участок называется *слепое пятно*, или пятно Мариотта. Слепое пятно обуславливает имеющийся пробел в поле зрения, который в норме человек не замечает. В центре диска в сетчатку входит центральная артерия сетчатки.

Внутренняя оболочка глазного яблока представлена двумя частями: слепой (передней) и зрительной (задней). *Передняя* представлена радужковой и ресничной частями, прилежащими к радужке и ресничному телу соответственно. Эта часть занимает 1/3 сетчатки, она нечувствительна к свету, поскольку не содержит

светочувствительных клеток. *Зрительная часть* занимает 2/3 сетчатки и простирается от входа зрительного нерва до ресничного края. Она имеет сложное микроскопическое строение, состоит из двух листков: наружного (пигментного), или собственно сетчатки, и внутреннего (светочувствительного), в совокупности представленных 10 слоями (зонами), располагающимися в следующем порядке (снаружи внутрь):

- I слой – пигментный, образован одним рядом пигментных эпителиальных клеток, отростки которых проникают в слой фоторецепторных клеток;
- II слой – фотосенсорный, состоит из светочувствительных сегментов (частей) фоторецепторов;
- III слой – наружный пограничный (мембрана), образован опорными глиальными клетками, имеет вид сети с многочисленными отверстиями для прохождения волокон фоторецепторов;
- IV слой – наружный ядерный слой, образован содержащими ядро частями рецепторных клеток;
- V слой – наружный сетчатый слой, образован аксонами рецепторных и отростками биполярных и горизонтальных клеток, которые образуют здесь синаптические контакты друг с другом;
- VI слой – внутренний ядерный слой, состоит из горизонтальных, амакриновых и биполярных нейроцитов, а также ядер глиоцитов;
- VII слой – внутренний сетчатый слой, образован аксонами биполярных и отростками ганглиозных нейронов, здесь контактирующих;
- VIII слой – ганглиозный слой, образован телами ганглиозных нейронов, по его наружному краю расположены амакриновые клетки и кровеносные сосуды сетчатки;
- IX слой – слой нервных волокон, образован аксонами ганглиозных нейронов, которые, достигая внутренней части

сетчатки, поворачивают под прямым углом и идут параллельно ее внутренней поверхности к месту выхода зрительного нерва, эти волокна не покрыты миелиновой оболочкой и шванновскими клетками, что способствует прозрачности слоя, здесь же находятся кровеносные сосуды и глиальные клетки;

X слой – внутренний пограничный (мембрана), образован отростками глиальных клеток, отделяет сетчатку от стекловидного тела.

Сетчатка глаза человека относится к типу инвертированных оболочек – световоспринимающие элементы составляют самый глубокий слой сетчатки и прикрыты другими ее слоями. Световой поток проходит через стекловидное тело и попадает на глубокие слои сетчатки. Для того чтобы достичь рецепторных клеток, свет должен пройти через всю толщину сетчатки до пигментного слоя (рисунок 2).

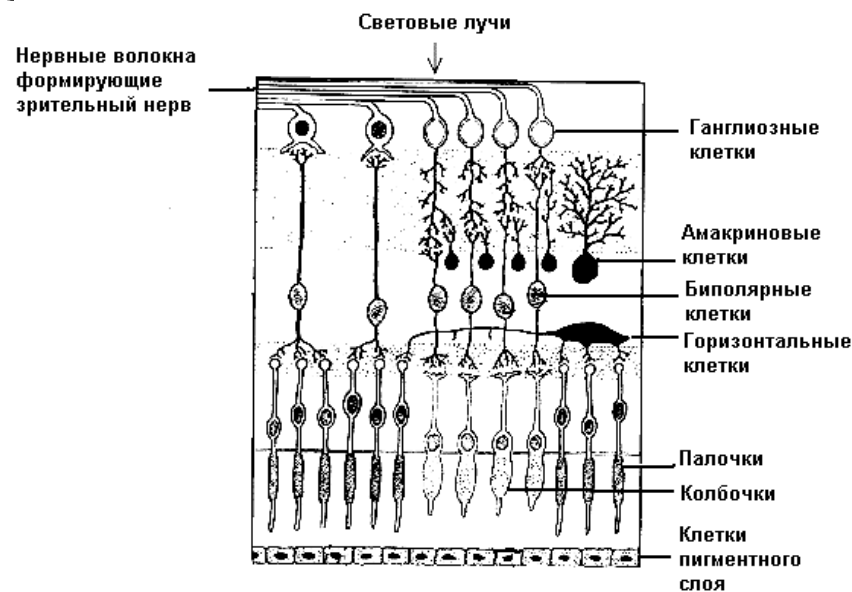


Рисунок 2 – Схема клеточного строения сетчатки глаза

Клетки пигментного слоя участвуют в поглощении света, падающего в глаз и прошедшего через светочувствительный слой. Пигментный слой прилежит к собственно сосудистой оболочке. Он не содержит нервных окончаний, но также очень важен в связи с тем, что в нем содержится пигмент фусцин, обладающий возможностью поглощать световые лучи, тем самым препятствуя их рассеиванию. Таким образом, пигментный слой обеспечивает четкость зрительного восприятия.

Внутренний листок сетчатки составляют три слоя нейронов: наружный – фоторецепторный (рецепторы зрительной сенсорной системы), средний – ассоциативный (представлен биполярными, горизонтальными и амакриновыми клетками) и внутренний – ганглиозный, разделенных двумя рядами синапсов.

Клетки фоторецепторного слоя из-за формы своих наружных сегментов получили название *палочек* и *колбочек*: палочки похожи на тонкие цилиндры, колбочки имеют форму бутылок. Их наружные сегменты, образующие второй слой сетчатки, вдаются в слой пигментного эпителия. В слое рецепторных клеток отсутствуют кровеносные сосуды, питательные вещества поступают сюда из сосудистой оболочки. Число рецепторов в глазу человека огромно, при этом количество палочек и колбочек неодинаково: палочек около 130 млн, колбочек – 6–7 млн. Распределение палочек и колбочек на сетчатке также неодинаково: палочки в основном сосредоточены на периферии, а колбочки в средней части. Место на сетчатке, где находится скопление колбочек, называется *желтым пятном (macula)*. Это место наилучшего видения глаза. Оно представляет собой округлой формы углубление и находится на расстоянии около 4 мм от диска зрительного нерва. В области желтого пятна сосуды отсутствуют. Середина углубления – *центральная ямка (fovea)*. Для лучшего видения глаз устанавливается так, чтобы рассматриваемый предмет и центральная ямка находились на одной оси (*зрительная ось*). Палочки функционируют в условиях слабой освещенности и отвечают за черно-белое (сумеречное) зрение, дают информацию о форме и освещенности предметов. Колбочки функционируют при дневном свете и отве-

чают за цветное зрение. Фоторецепторы состоят из двух частей: наружная часть – содержит зрительный пигмент, внутренняя часть – содержит ядро и митохондрии. В палочках содержится пигмент родопсин, в колбочках – йодопсин, чувствительные к красному, зеленому, синему. В связи с особенностями распределения фоторецепторов на сетчатке, палочковое зрение называется периферическим, а колбочковое – центральным.

Аксоны рецепторных клеток контактируют с биполярными нейронами. Биполярные нейроны, имеющие два отростка, одним из них соединены с фоторецепторами, а другим – с ганглиозными клетками. Аксоны ганглиозных нейронов в совокупности образуют зрительный нерв.

Численность клеток в различных нейронных слоях сетчатки неодинакова. Она убывает в ряду *рецепторные клетки – биполярные нейроны – ганглиозные нейроны*. Таким образом, на одном биполярном нейроне суммируются афферентные импульсы от нескольких фоторецепторных клеток, а на одном ганглиозном – от нескольких биполярных. Наряду с этим, в слое биполярных нейронов присутствуют горизонтальные клетки, которые образуют синаптические контакты с рецепторными и биполярными клетками, а в слое ганглиозных клеток – амакриновые клетки, имеющие только дендриты и контактирующие с биполярными и ганглиозными клетками. Горизонтальные и амакриновые клетки являются тормозными нейронами, включенными в локальные сети. Они ограничивают распространение зрительного сигнала внутри сетчатки.

Все описанные клетки сетчатки, кроме пигментных, развиваются из стенки мозгового пузыря, то есть аналогичны нейронам мозга, поэтому о сетчатке иногда говорят, что это «часть мозга, вынесенная наружу». Кроме них в сетчатке развиваются и глиальные клетки, которые получили название радиальных (мюллеровы клетки). Это длинные узкие клетки, ядро которых располагается примерно на уровне ядер биполярных клеток. Радиальные глиальные клетки контактируют с палочками и колбочками и имеют в этой части сетчатки большое скопление филаментозного веще-

ства. Микроворсинки на апикальной части глиальных клеток проникают между рецепторными клетками.

Внутреннее ядро глаза образуют его светопреломляющие среды. Они формируют основную массу глазного яблока и представлены хрусталиком, стекловидным телом и камерами, заполненными водянистой влагой.

Хрусталик (*lens*) – плотное, совершенно прозрачное тело, имеющее форму двояковыпуклой линзы диаметром около 9 мм. *Задняя поверхность* хрусталика, более выпуклая, прилежит к стекловидному телу, а *передняя поверхность* обращена к радужке. На хрусталике различают *передний* и *задний полюсы* – наиболее выпуклые центральные точки передней и задней его поверхностей соответственно. Линия, соединяющая передний и задний полюсы хрусталика, носит название *оси хрусталика*, ее размеры колеблются в пределах 3,7–24,4 мм в зависимости от степени аккомодации. Периферический закругленный край хрусталика называют *экватором*.

Снаружи хрусталик покрыт капсулой, представляющей собой однородную прозрачную оболочку, более толстую на его передней поверхности. Вещество хрусталика имеет неодинаковую плотность: в центре оно более плотное и носит название ядра хрусталика, а по периферии менее плотное – это кора хрусталика. Вещество хрусталика состоит из эпителиальных клеток и их производных – волокон хрусталика, располагающихся концентрически вокруг ядра. Под капсулой передняя половина хрусталика покрыта эпителием. Эпителиальные клетки, расположенные вблизи экватора, являются ростковыми. Они делятся, удлиняются, дифференцируются в волокна хрусталика и накладываются на периферические волокна позади экватора. В результате диаметр хрусталика увеличивается. В течение жизни старые волокна хрусталика не разрушаются. Ядро хрусталика образовано прозрачными волокнами, дифференцирующимися в эмбриональном периоде из эпителиальных клеток и сохраняющимися в течение всей жизни человека. Волокна хрусталика большей частью состоят из белка кристаллина. Хрусталик не содержит сосудов и нервных воло-

кон, его трофика осуществляется за счет диффузии из водянистой влаги.

Хрусталик фиксируется к ресничному телу посредством натянутых тонких волокон ресничного пояска (цинновой связки), внутренним концом вплетающихся в капсулу хрусталика в области экватора. Между волокнами цинновой связки находятся лимфатические пространства пояска (петитов канал), сообщающиеся с камерами глаза. При сокращении ресничной мышцы собственно сосудистая оболочка смещается вперед, ресничное тело приближается к экватору, в результате натяжение ресничного пояска ослабевает и хрусталик, не испытывая ограничивающего давления своей капсулы, становится более выпуклым. Это повышает его преломляющую способность. При расслаблении ресничной мышцы ресничное тело удаляется от экватора, циннова связка натягивается, хрусталик уплощается. Преломляющая способность уменьшается. Изменение кривизны хрусталика обуславливает приспособление глаза к ясному видению разноудаленных предметов и называется *аккомодацией*, это основное свойство хрусталика. При рассмотрении предмета вблизи хрусталик утолщается, а вдали – становится тоньше. Это наиболее мощная преломляющая среда глаза (показатель преломления в поверхностных слоях составляет 1,32, в центральных – 1,42). С возрастом хрусталик становится менее эластичным, уплотняется и уплощается и аккомодация ослабевает.

Стекловидное тело (*corpus vitreum*) – прозрачная студенистая масса, заполняющая все пространство глаза между сетчаткой сзади, хрусталиком и задней стороной ресничного пояска спереди. Оно плотно примыкает к сетчатке, способствуя прилеганию пигментного и наружного ее слоев, содействует фиксации хрусталика, выполняет амортизационную функцию и сохраняет форму глазного яблока. На передней поверхности стекловидного тела находится хрусталиковая ямка, в которую входит своей задней поверхностью хрусталик. Стекловидное тело лишено сосудов и нервов, его внутреннее содержимое – стекловидная строма – снаружи покрыта тонкой прозрачной стекловидной мембраной.

В состав стекловидного тела входят белковое вещество (витреин) и гиалуроновая кислота, обладающая мощным противовоспалительным эффектом. Преломляющая способность стекловидного тела составляет 1,334.

Водянистая влага – прозрачная бесцветная жидкость, заполняющая камеры глазного яблока. Имеет очень низкую вязкость, содержит около 0,02 % белка и небольшое количество гиалуроновой кислоты. Водянистая влага продуцируется сосудами ресничных отростков и заднего отдела радужки, омывает внутреннюю поверхность роговицы, радужку, частично ресничное тело и хрусталик. Влага содержит минеральные вещества и витамин С, обеспечивая питание омываемых структур. Водянистая влага очень слабо преломляет свет.

Камеры глазного яблока – щелевидные полости, располагающиеся впереди и позади радужки и сообщающиеся между собой через зрачок. Передняя камера глазного яблока – пространство глубиной в 3–3,5 мм, ограниченное спереди задней вогнутой поверхностью роговицы, сзади – передней поверхностью радужки. Задняя камера глазного яблока ограничена спереди задней поверхностью радужки, сзади – передней поверхностью хрусталика, ресничным пояском и ресничным телом. В полость задней камеры свободно свисают ресничные отростки.

Отток водянистой влаги осуществляется постоянно и идет по следующим путям: из задней камеры водянистая влага поступает в переднюю, откуда через щели радужно-роговичного угла (*фонтаново пространство*) оттекает в просвет *шлеммова канала*, пролегающего на дне борозды склеры. Из шлеммова канала влага направляется в собирательные сосуды, расположенные в склере, которые выходят под конъюнктиву (водоворотные вены), где вливаются в вены глаза. Кроме того, из названных камер влага может оттекать в венозный синус склеры, откуда в составе венозной крови поступает в ресничные и конъюнктивальные вены.

Вспомогательные органы глаза. Вспомогательный аппарат органа зрения составляют веки с конъюнктивой, слезный аппарат,

глазодвигательные мышцы, жировое тело орбиты и фасция, а также ресницы и брови.

Веки (*palpebrae*) – подвижные образования, ограничивающие глазную щель и закрывающие ее при смыкании век. Веки выполняют не только защитную функцию, но и способствуют увлажнению роговицы. За функцию увлажнения отвечает *мигательный рефлекс*. Он является врожденным, безусловным, срабатывает автоматически, как только роговица высыхает.

Выделяют верхнее (более объемное и подвижное) и нижнее веко, соединяющиеся по бокам латеральной и медиальной связками. Латеральный край острый, медиальный – закругленный, в нем имеется выемка – *слезное озеро*. На дне озера присутствует маленькое возвышение – *слезное мясо*. На крае обоих век в этом месте находится по небольшому отверстию – *слезной точке*, это начало слезного канальца. Латеральное слезное мяса конъюнктивы образует *полудунную складку* – рудимент третьего века. По краям век растут ресницы, а также в области век находятся потовые и слезные железы.

Основой век служит пластинка плотной волокнистой соединительной ткани, пронизанная своеобразно измененными слезными (мейбомиевыми) железами. Секрет мейбомиевых желез препятствует переливанию слезы через края век, формирует слезный ручей и направляет его в слезное озеро, предохраняет кожу от мацерации, входит в состав прекоorneальной пленки, защищающей роговицу от высыхания. Железы открываются на свободном крае век в волосные сумки *ресниц*, располагающихся в 2–3 ряда, и выделяют жирный беловатый секрет. К верхнему веку подходит *мышца, поднимающая веко*, прикрепляющаяся к верхней пластинке. Сверху верхнее веко ограничено *бровью*. В толще век, в верхней части находится *круговая мышца глаза*. При действии на глаз сильных раздражителей происходит ее резкое смыкание – спазм. Этот рефлекс защитный, врожденный. Внутренняя поверхность век выстлана тонкой соединительнотканной оболочкой – *конъюнктивой*, которая продолжается на глазном яблоке, покрывая его свободную поверхность. Конъюнк-

тивной ограничивается конъюнктивальный мешок, который содержит слезную жидкость, омывающую свободную поверхность глаза и обладающую бактерицидным свойством. Конъюктива выполняет защитную, увлажняющую, трофическую и барьерную функции.

Слезный аппарат состоит из двух обособленных топографически различных по назначению отделов: слезопroduцирующего и слезоотводящего.

Слезная железа (glandula lacrimalis) расположена в верхнелатеральной части глазницы, в слезной ямке лобной кости. Выводные протоки железы (до 12) открываются в верхний свод латеральной части конъюнктивального мешка. Слезная железа активизируется в особых случаях, когда слезы нужно много (эмоции, попадание в глаз инородного агента). В нормальном состоянии для выполнения всех функций 0,4–1,0 мл слезы вырабатывают мелкие добавочные слезные железы, заложенные в толще конъюнктивы, особенно вдоль ее верхней переходной складки. Во время сна секреция слезы резко замедляется. Мелкие конъюнктивальные слезные железки обеспечивают продукцию муцина и липидов, необходимых для формирования слезной пленки.

Секрет слезных желез представляет собой стерильную, прозрачную жидкость, состоящую на 99 % из воды и приблизительно на 1 % из органических и неорганических веществ (главным образом хлорида натрия). Слеза выполняет защитную функцию, вымывая из конъюнктивального мешка попавшие инородные элементы. Она питает роговицу, не имеющую собственных сосудов, тем самым выполняя трофическую функцию. Бактерицидное действие слезы определяется содержанием в ней лизоцима и других неспецифических факторов иммунной защиты. Слезная жидкость выполняет увлажняющую функцию, поддерживает прозрачность роговицы и входит в состав пленки, тем самым предохраняет ее от высыхания.

Слезотводящий отдел представлен системой слезных путей и включает: слезный ручей, слезное озеро, слезные сосочки, слезный каналец, слезный мешок, носослезный проток и сообщается

с нижним носовым ходом. Из конъюнктивального мешка слезная жидкость частично испаряется, а частично оттекает по *слезному ручью*, капиллярной щели возле краев век, в *слезное озеро* в медиальном углу глаза. Далее через верхний и нижний *слезные канальцы* (длиной около 1 см и диаметром около 0,5 мм), начинающиеся *слезными точками* (сосочками) у медиального угла глаза, жидкость поступает в *слезный мешок*, расположенный на медиальной стенке глазницы. Слезный мешок, суживаясь книзу, переходит в *носослезный проток*, который помещается в одноименном костном канале и открывается в нижний носовой ход. За счет сокращения слезной части круговой мышцы глаза слезный мешок расширяется, позволяя слезе всосаться в слезный мешок через слезные канальцы.

Глазодвигательные мышцы приводят в движение глазное яблоко. Всего их шесть: четыре прямые и две косые. *Прямые мышцы* глаза берут начало от сухожильного кольца, окружающего зрительный нерв и глазную артерию у основания зрительного канала черепа. Мышцы прикрепляются к глазному яблоку, вплетаясь в склеру впереди экватора с четырех сторон – снаружи, изнутри, сверху и снизу. Называются соответственно – латеральная (наружная), медиальная (внутренняя), верхняя и нижняя прямые мышцы глазного яблока. Эти мышцы благодаря своему положению вращают глазное яблоко вокруг вертикальной и фронтальной осей. *Наружная прямая* мышца поворачивает глаз кнаружи (к области виска), *внутренняя прямая* – кнутри (к носу). *Верхняя прямая* двигает глазное яблоко не только вверх, но и кнутри, а *нижняя прямая* – вниз и кнутри.

Верхняя косая мышца тоже начинается от упомянутого выше сухожильного кольца, направляется к медиальному углу глазницы и перекидывается здесь через блок лобной кости. После этого мышца меняет направление и под острым углом подходит к верхнелатеральной стороне глазного яблока, позади экватора, где и прикрепляется. При сокращении мышца поворачивает глазное яблоко вниз и кнаружи. *Нижняя косая мышца* начинается от глазничной поверхности верхнечелюстной кости, идет поперек

глазницы, огибая снизу глазное яблоко, и прикрепляется к его наружной поверхности позади экватора. Мышца направляет глазное яблоко вверх и наружу. Движения мышц обоих глаз скоординированы, благодаря чему движения обоих глаз согласованы.

Иннервация глазодвигательных мышц осуществляется тремя парами черепных нервов. К ним относятся: III пара – глазодвигательный нерв, IV пара – блоковый, VI пара – отводящий.

При поражении глазодвигательных нервов развивается общее нарушение – *косоглазие*. При поражении III пары наблюдается расходящееся косоглазие, а при поражении IV и VI пары – сходящееся косоглазие. За верхнюю косую мышцу отвечает IV пара, или блоковый нерв. При ее поражении наблюдается двоение в глазах в сторону этой пораженной мышцы, то есть при взгляде вниз и вбок. За наружную прямую мышцу отвечает VI пара, или отводящий нерв. Поэтому косоглазие происходит при взгляде в сторону.

Жировое тело орбиты заполняет пространство между стенками глазницы и глазным яблоком с его мышцами. Жировое тело образует мягкую и эластичную основу для глазного яблока, выполняет амортизационную функцию.

Фасция отделяет жировое тело от глазного яблока, между ними остается щелевидное пространство, которое обеспечивает подвижность глазного яблока.

Кровоснабжение глазного яблока и его вспомогательного аппарата осуществляется глазной артерией. Артериолы сетчатки радиально расходятся к глубоким слоям внутренней оболочки глаза. В наружных слоях сетчатки сосудов нет. От центральной артерии отходят также длинные ресничные артерии, питающие ресничное тело и радужную оболочку, а также склеру. Указанным артериальным сосудам соответствуют вены. Они выходят на наружную поверхность глазного яблока по его экватору и образуют вихревые вены при слиянии которых формируется глазная вена. Лимфатические сосуды в стенке глазного яблока отсутствуют, их заменяют лимфатические пространства.

Проводниковый отдел зрительной сенсорной системы составляют зрительные нервы, хиазма (зрительный перекрест),

зрительные тракты, первичные зрительные центры, внутримозговые зрительные пути. Проводящий путь зрительной сенсорной системы представлен четырехкомпонентной цепью нейронов. Начинается проводящий путь в сетчатке. Первый нейрон – рецепторная клетка сетчатки. Здесь происходит преобразование световой энергии в нервный импульс. Второй компонент – биполярные нейроны сетчатки. Третий компонент – ганглиозные нейроны сетчатки. Четвертый нейрон расположен в зрительных центрах. Зрительный нерв и зрительный тракт образованы аксонами ганглиозных нейронов сетчатки.

Зрительный нерв относится к черепным нервам (II пара). Со всех сторон сетчатки аксоны ганглиозных клеток собираются к диску зрительного нерва, формируются в отдельные пучки и через решетчатую пластинку склеры выходят из глаза. В каждом зрительном нерве содержится около 1 млн волокон. Нервные волокна из центральной ямки сетчатки составляют папилломакулярный пучок и направляются в латеральную (височную) половину диска зрительного нерва, занимая большую его часть. Далее зрительный нерв направляется к вершине орбиты. В орбите нерв имеет S-образный изгиб, что предупреждает растяжение его как при экскурсиях глазного яблока, так и при новообразованиях или воспалениях. Вместе с тем отмечаются неблагоприятные условия, в которых находится интраканаликулярный (находящийся внутри костного канала) отдел нерва: канал плотно охватывает зрительный нерв. К тому же нерв проходит вблизи решетчатой и основной пазух, подвергаясь риску быть сдавленным и пораженным при синуситах. Далее зрительный нерв, пройдя из орбиты через канал зрительного нерва, попадает в полость черепа (среднюю черепную ямку), где перед турецким седлом совершает перекрест – хиазму.

Зрительный перекрест – это место, где происходит расслоение и частичный перекрест волокон зрительного нерва. Перекрещивается около половины волокон зрительных нервов. Это обеспечивает согласованные движения глазных яблок и бинокулярное зрение. Перекрещиваются волокна, идущие от внутренних половин сетчатки (медиальной части). Волокна, идущие от латераль-

ных (височных) половин сетчатки, не перекрещиваются, располагаясь по наружным сторонам перекреста. Таким образом, хиазма образуется в результате неполного перекреста зрительных нервов. После перекреста каждый нерв называется зрительным трактом.

Зрительный тракт начинается у задней поверхности зрительного перекреста. В каждом зрительном тракте проходят волокна, несущие импульсы от нейронов медиальной половины сетчатки противоположного глаза и латеральной половины глаза своей стороны. Так, правый зрительный тракт включает неперекрещенные волокна, идущие от латеральной половины сетчатки правого глаза, и перекрещенные волокна от медиальной половины левого глаза. Соответственно расположены волокна левого зрительного тракта. Тракт огибает ножку мозга и разделяется на два корешка, заканчиваясь у первичных зрительных центров (подушки таламуса и четверохолмия).

Первичные зрительные центры представлены следующими образованиями: латеральные коленчатые тела, расположенные на нижнебоковых сторонах подушки таламуса, и верхние бугры четверохолмия.

Обойдя ножку мозга с латеральной стороны, часть волокон зрительного тракта образует синапсы на нейронах, залегающих в *латеральном коленчатом теле*. Этот нейрон является центральным нейроном зрительного пути. Здесь импульсы переключаются на следующий нейрон. Нейроны латерального коленчатого тела сгруппированы в шесть слоев. К каждому слою подходят аксоны от сетчатки только одного глаза. Кроме того, каждый участок сетчатки проецируется на определенную группу нейронов. Наибольшее количество нейронов воспринимает информацию от центральной части сетчатки, в том числе желтого пятна. Таким образом, здесь проявляется топическая организация проекции различных зон сетчатки. Нейроны латерального коленчатого тела обладают также цветовой чувствительностью.

Вторая часть зрительного тракта (около 20 % волокон) проходит не прерываясь из латерального коленчатого тела через ручку

верхнего холмика четверохолмия и заканчивается синапсами на нейронах последнего. Волокна зрительного тракта идут к эффекторным ядрам ствола. Нервный импульс поступает в ядра глазодвигательного нерва (иннервирующие мышцы глаза, мышцу, суживающую зрачок, и ресничную). Благодаря этому осуществляются рефлекторные ответы на зрительные раздражения (например, произвольные движения головы и глаз). Нейроны верхних холмиков участвуют в рецепции движущихся объектов. На поверхности верхних холмиков также имеется упорядоченная проекция сетчатки (ретинотопия). В глубоких слоях серого вещества лежат мотонейроны, отвечающие за движение глаз в определенном направлении. Оба типа нейронов (чувствительные поверхностные и моторные глубокие) связаны между собой. Нейроны, занимающие центральное положение, получают проекции от слуховой системы и соматической чувствительности верхней половины тела (голова, верхние конечности).

Внутри мозговые зрительные пути представлены аксонами клеток подкорковых зрительных центров, проходящими в составе внутренней капсулы и направляющимися в кортикальные зрительные центры. По волокнам, образующим *зрительную лучистость* (*radiatio optica*), или *пучок Грациоле*, нервные импульсы от латерального коленчатого тела поступают в первичную зрительную зону коры в затылочной области больших полушарий. Часть волокон зрительной лучистости заходит в височную долю коры головного мозга, образуя петлю Мейера. Еще часть волокон зрительной лучистости идет через теменную область коры.

Корковый отдел зрительной сенсорной системы представлен корковыми зрительными центрами в затылочной доле головного мозга. Зрительная лучистость заканчивается в коре на медиальной поверхности затылочной доли мозга в *области шпорной борозды* по обе ее стороны. Эта область соответствует в основном *полю 17*, согласно карте цитоархитектоники коры по Бродману. Волокна, имеющие разную толщину и идущие от разных подкорковых структур, оканчиваются в разных слоях коры. Волокна зрительной лучистости, образующие петлю Мейера, заканчива-

ются в *язычной извилине*. По этим аксонам информация приходит от нижней части половин сетчатки, таким образом обеспечивается корковое представительство соответствующих (гомонимных) верхних квадрантов зрительных полей обоих глаз. Волокна зрительной лучистости, идущие через теменную долю коры и заканчивающиеся в клине, представляют верхнюю часть половины сетчатки. Они ответственны за проведение зрительных раздражений соответствующих нижних квадрантов полей зрения правого и левого глаза. При отображении раздражения сетчатки на кору прослеживается четкая топическая организация; центральная часть сетчатки имеет более обширную проекцию.

Поле 17 является центральной частью коркового представительства зрительной сенсорной системы, первичной проекционной областью. Здесь осуществляется специализированная обработка зрительной информации. От поля 17 ассоциативные волокна идут к *полям 18 и 19*, где расположены соответственно вторичная и третичная зрительные зоны. При повреждении полей 18 и 19 нарушается пространственная ориентация или возникает «душевная» (психическая) слепота. Первичная проекционная зона связана также с полем 21, расположенным в нижневисочной области коры. С ее активностью связывают дифференциацию предметов по форме, отнесение их к определенной категории, установление равнозначности объектов, которые проецируются в разные зоны сетчатки. Связана первичная проекционная зона и с полем 7, принимающим участие в организации пространственного зрения. Поле 17 образует также эфферентные связи с верхними холмиками четверохолмия и латеральным колленчатым телом. В каждом участке коры сконцентрированы нейроны, которые образуют функциональную колонку.

Таким образом, особенностями организации проводящих путей зрительной сенсорной системы определяются закономерности коркового представительства сетчатки глаза: левое поле зрения представлено в правой части мозга, а правое поле зрения – в левой. Полный анализ предмета обеспечивается совокупностью раздражений, поступающих на фоторецепторы сетчатки, а также

проприорецепторы аккомодационных мышц ресничного тела, мышц, суживающих и расширяющих зрачок.

Развитие зрительной сенсорной системы в онтогенезе. Зачаток глазного яблока в период внутриутробного развития обособляется очень рано. Развитие частей глаза происходит из разных источников. На 2-й неделе эмбриогенеза, в стадии формирования из дорзальной пластинки эктодермы желобка, на его передней поверхности появляются два углубления – *глазные ямки*. На 3–4-й неделе при замыкании желобка с образованием мозговой трубки, ямки перемещаются и занимают боковое положение. Формируются однослойные *первичные глазные пузыри*, расположенные по бокам переднего мозгового пузыря и соединяющиеся с ним коротким полым глазным стебельком. В последующем из него формируется зрительный нерв. Первичный пузырь превращается во *вторичный глазной пузырь – глазной бокал*, состоящий из двух слоев. В процессе развития внутренняя стенка глазного бокала преобразуется в сетчатку, а наружная – в пигментный слой сетчатки.

В конце 4 недели развития часть эктодермы, расположенная напротив отверстия глазного бокала, утолщается и отделяется от кожной эктодермы – начинается формирование хрусталика. Первоначально хрусталик имеет вид полого эпителиального пузырька. Затем клетки эпителия его задней стенки удлинняются и превращаются в хрусталиковые волокна, заполняющие полость пузырька. Начинается формирование первичного стекловидного тела. Хрусталик в этот период развития занимает почти всю полость глазного яблока. Вокруг него формируется сосудистая капсула.

В возрасте 5 недель зародышевая щель закрывается. Происходит дифференцировка сетчатки на два слоя: пигментный и собственно сетчатку. Из клеток внутренней стенки глазного бокала образуются фоторецепторные клетки и другие нейроны сетчатки. Развитие фоторецепторных элементов тесно связано с развитием пигментного слоя сетчатки. Для их формирования необходим витамин А, при его отсутствии фоторецепторы не развиваются.

На 7 неделе развития стебелек глазного бокала удлиняется, пронизывается аксонами образующихся в сетчатке ганглиозных клеток и превращается в зрительный нерв. На 8 неделе из окружающей глазной бокал мезенхимы начинает дифференцироваться сосудистая оболочка и склера. Сосуды и мезенхима, проникающие на ранних стадиях развития внутрь глазного бокала, совместно с эмбриональной сетчаткой принимают участие в образовании стекловидного тела и радужки. Мышца радужки, суживающая зрачок, развивается из краевого утолщения наружного и внутреннего листков глазного бокала, а мышца, расширяющая зрачок, – из наружного листка. Сосудистая капсула хрусталика атрофируется, и стекловидное тело приобретает прозрачность. На 6 неделе глаза расположены по бокам головы, затем, по мере роста лицевых структур, глаза перемещаются на переднюю поверхность лица и к 10 неделе располагаются на ней почти как у взрослого.

На 7 неделе эмбрионального периода начинают развиваться веки. Они возникают в виде складок кожи над роговицей, соединяются друг с другом и временно срастаются. Слезные железы появляются на 9 неделе из выростов эпителия конъюнктивы, имеющего эктодермальное происхождение. Слезный канал открывается в носовую полость на 5-м месяце развития. Спайка век исчезает к 5 месяцу развития и на 6–7 месяце пренатального периода веки раскрываются.

На седьмом месяце беременности глаз завершает развитие (хотя его диаметр и составляет всего 10–14 мм), сетчатка, за исключением области желтого тела, полностью развита. Однако даже к моменту рождения весь сложный цикл развития глаза не всегда оказывается полностью завершенным. Обратное развитие элементов зрачковой перепонки, сосудов стекловидного тела и хрусталика может происходить в первые недели после рождения.

Зрительная система ребенка отличается от системы взрослого меньшими размерами и структурной незрелостью. Продольный (передне-задний) диаметр глазного яблока у новорожденного составляет 13,3 мм, а поперечный 16,7 мм. До 2 лет глазное яблоко увеличивается на 40 %, к 5 годам – на 70 % первоначального объ-

ема, а к 12–14 годам оно достигает величины глазного яблока взрослого. Формирование кривизны и толщины роговицы заканчивается на первом году жизни ребенка. Кривизна хрусталика с возрастом несколько изменяется. Волокна зрительного нерва и зрительного тракта полностью миелинизируются в течение 6 месяцев жизни. Развитие сетчатки и нейронов зрительной коры продолжается в течение длительного времени после рождения ребенка. Зрительная кора приобретает структуру, характерную для мозга взрослого человека, к 7 годам. К этому возрасту полностью формируются все отделы зрительной системы.

☞ Вопросы и задания

1. К какому отделу зрительной сенсорной системы относится глазное яблоко?
2. Как проходят наружная ось глазного яблока, зрительная ось?
3. Что такое экватор?
4. Частью какой оболочки является роговица? Перечислите основные свойства роговицы.
5. Какой структурный элемент глаза отвечает за регуляцию потока света?
6. Проведите эксперимент. Посмотрите на источник света, прикройте глаза рукой и затем отведите руку. Что происходит со зрачками? Какой рефлекс срабатывает? Объясните причины изменения размера зрачка.
7. За счет чего обеспечивается увлажнение глаза? Каково значение увлажнения для глаза? Составьте схему движения слезной жидкости, начиная от момента ее продуцирования.
8. Сколько слоев нервных клеток содержит сетчатка?
9. Что такое желтое пятно и центральная ямка? Какую роль в сетчатке играет желтое пятно?
10. Что такое слепое пятно?
11. Что относится к внутреннему ядру глаза?
12. Каково строение и свойства хрусталика? Что такое аккомодация?
13. Какие структуры глаза отвечают за изменение кривизны хрусталика?
14. Что такое водянистая влага? Чем она продуцируется? Каков путь оттока водянистой влаги?

15. Заполните таблицу, перечислив в ней мышцы, обеспечивающие движение глазного яблока, функции за которые они отвечают и что происходит при нарушении иннервации этих мышц.

Мышца, обеспечивающая движение глазного яблока	Функция	Нарушение иннервации

16. Посредством каких структур осуществляется взаимосвязь между глазом и соответствующей зоной коры больших полушарий?
17. Какие функции обеспечивает 17 поле?

Тема 3

ФИЗИОЛОГИЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

Общая характеристика зрительных стимулов. Зрение (*visio, visus*) – это физиологический процесс восприятия светового раздражения, на основе которого формируются зрительные ощущения. Это основной сенсорный канал, по которому информация из окружающего мира поступает к человеку. Зрение определяет различение освещенности предметов, их цвета, формы, размеров, характеристик передвижения, расстояния между предметами. Все это позволяет осуществлять пространственную ориентацию в окружающем мире и выполнять различные виды целенаправленной деятельности.

В физическом смысле свет – это электромагнитное излучение. Главными физическими характеристиками светового стимула являются частота и интенсивность. Частота определяет окраску света, а интенсивность – яркость. Видимые световые лучи находятся между границами инфракрасных лучей, с одной стороны, и ультрафиолетовых – с другой. Диапазон интенсивностей света, воспринимаемых глазом человека очень широк. Глаз обладает способностью видеть и при очень ярком солнечном свете, и почти в полной темноте.

Действие видимых лучей на сетчатку глаза в зависимости от их длины волны и частоты колебаний в секунду порождает различные зрительные ощущения, они характеризуются тоном, насыщенностью и яркостью. В таблице приведены характеристики зрительных ощущений, вызываемых световыми раздражениями.

Таблица – Характер зрительных ощущений, определяемых физическими характеристиками света

Длина волны, нм	Тон	Интенсивность, дБ	Яркость
400	Фиолетовый	160	Болевой порог
450	Синий	140	Солнечный свет
500	Зеленый	80	Настольная лампа

Длина волны, нм	Тон	Интенсивность, дБ	Яркость
550	Желто-зеленый	60	Экран телевизора
600	Оранжевый	40	Порог цветоразличения
700	Красный	20	Порог светоразличения

Тон соответствует цвету и зависит от длины волны. Наиболее длинными (с наименьшим числом колебаний) являются волны, порождающие ощущение красного цвета, а наиболее короткими в видимом спектре (с наибольшим числом колебаний) являются волны, порождающие ощущение фиолетового цвета. Между ними располагается ряд световых волн, постепенно переходящих от длинноволновой к коротковолновой части спектра. Насыщенность связана с потоком излучения, падающим на единицу поверхности, яркость – с интенсивностью света. Возможность оценки длины световой волны, проявляющаяся в способности к цветоощущению, играет существенную роль в жизни человека, оказывая влияние на эмоциональную сферу и деятельность различных систем организма.

Этапы зрительного акта. Основные функции зрительной сенсорной системы, связанные с поступающим световым раздражением, это светопроводящая и световоспринимающая. Обеспечивают их реализацию соответствующие отделы – светопроводящий и световоспринимающий. Проведение световых лучей на сетчатку осуществляют прозрачные среды глаза – роговица, водянистая влага, хрусталик, стекловидное тело. При развитии патологии в этих средах лучи на сетчатку не попадают или попадают в меньшем объеме, и острота зрения снижается. Световоспринимающий отдел представлен нервным аппаратом глаза, отвечающим за проведение нервных импульсов в центральные отделы. При патологии световоспринимающего отдела импульсы не достигают зрительной коры, а зрительные ощущения не формируются.

Зрительный акт как физиологический процесс состоит из четырех этапов. Первый этап происходит в глазном яблоке. Он реализуется светопроводящей системой глаза, отвечающей за пре-

ломление лучей света и их направление на сетчатку. Результатом первого этапа становится образование на фоторецепторах сетчатки действительного, но перевернутого и уменьшенного изображения. Второй этап зрительного акта происходит в фоторецепторах сетчатки. Под действием световой энергии в фоторецепторах происходит сложный биохимический процесс распада зрительных пигментов. Этот этап является началом трансформации световой энергии в нервный импульс. Третий этап происходит в проводниковом отделе зрительной сенсорной системы. Система зрительных проводящих путей осуществляет доставку нервного импульса в первичные зрительные центры, а затем в кору мозга. Четвертый этап осуществляется в затылочной доле коры. На базе поступающих нервных импульсов центральная и периферическая зрительные зоны осуществляют формирование зрительного восприятия и ощущения, а также здесь происходит высший анализ и синтез.

Таким образом, глазное яблоко представляет собой дистантный рецептор, который дает информацию об окружающем мире без непосредственного контакта с ним. При зрительном восприятии не имеет значения степень удаления от объекта.

Оптическая система глаза. Глаз обладает способностью преломлять лучи света, поступающие в него от рассматриваемого предмета. Преломление света происходит при переходе его из одной среды в другую, имеющую иной коэффициент преломления. Места преломления лучей света: между воздухом и роговицей, между роговицей и водянистой влагой, между водянистой влагой и хрусталиком, между хрусталиком и стекловидным телом. Благодаря функционированию оптической системы глаза лучи света изменяют направление движения. Необходимое условие обеспечения оптимальной реализации зрительной функции – прозрачность светопроводящих сред глаза.

Способность глаза преломлять лучи света называется *рефракцией*. Принято различать физическую рефракцию и клиническую рефракцию. *Физическая рефракция* – преломляющая сила оптической системы глаза, которая определяется длиной фокусного

расстояния и измеряется в диоптриях. Одна *диоптрия* (D) равна оптической силе линзы с длиной фокусного расстояния в 1 метр. Физическая рефракция глаза в среднем составляет 60 диоптрий. Наибольшей преломляющей способностью обладает роговая оболочка – около 40 диоптрий. Сила преломления света в хрусталике составляет примерно 20 диоптрий. Однако физическая рефракция не дает представления о состоянии зрительных функций.

Восприятие предметов внешнего мира осуществляется глазом путем фокусирования их изображения на сетчатке. Для получения четкого изображения необходимо чтобы лучи от предмета попадали точно на заднюю поверхность сетчатки. В связи с этим пользуются понятием *клинической рефракции*, под которой понимают соотношение силы преломляющего аппарата и длины оси глаза, определяющее положение главного фокуса оптической системы глаза по отношению к сетчатке. *Главный фокус* – точка на сетчатке, где собираются лучи света после рефракции. В нормальном глазном яблоке эта точка располагается в области желтого пятна, в центральной ямке. Линия, которая проходит через центры кривизны всех преломляющих поверхностей глаза к центральной ямке сетчатки называется *оптической осью*. В зависимости от положения главного фокуса по отношению к сетчатке различают два типа клинической рефракции: *эметропию*, когда лучи фокусируются на сетчатке, или соразмерную рефракцию, *аметропию* – несообразную рефракцию, когда лучи от объектов фокусируются не на сетчатке и изображение получается нечетким. Каждый тип рефракции характеризуется не только положением главного фокуса, но и *дальнейшей точкой ясного видения* – это точка, из которой должны выйти лучи, чтобы сфокусироваться на сетчатке. Для эметропического глаза дальнейшая точка ясного зрения находится в бесконечности (практически это – в 5 метрах от глаза). Для получения четкого изображения предмета на сетчатке имеют значение два фактора: преломляющая сила оптической системы глаза и длина оптической оси.

В естественных условиях сила рефракции способна изменяться в зависимости от удаленности рассматриваемого предмета.

Способность глаза приспособливаться к четкому видению предметов, находящихся от него на различных расстояниях называется *аккомодацией* (от лат. *accomodatio* – приспособление). Это рефлекторный механизм (аккомодационный рефлекс). Нормальный глаз способен обеспечивать создание на сетчатке четкого изображения предметов, расположенных на расстоянии от 25 см до бесконечности.

Аккомодация осуществляется путем изменения кривизны хрусталика, за счет сокращения или расслабления ресничной (цилиарной) мышцы, регулирующей натяжение связки, поддерживающей хрусталик. При рассмотрении предметов, находящихся на далеком расстоянии, происходит расслабление ресничной мышцы, циннова связка натягивается, хрусталик уплощается, преломляющая способность уменьшается. При приближении предмета к глазу происходит сокращение ресничной мышцы, связка расслабляется. Это прекращает сдавливание и растягивание хрусталика. Вследствие эластичности хрусталик становится более выпуклым и его преломляющая сила увеличивается. При взгляде вдаль радиус кривизны передней поверхности хрусталика составляет 10 мм, а при наибольшем напряжении аккомодации, то есть при четком видении максимально приближенного к глазу предмета, радиус кривизны хрусталика составляет 5,3 мм. Отчетливо выраженное сокращение ресничной мышцы начинается на расстоянии предмета от глаза 10 м и даже 5 м. Если предмет продолжает приближаться к глазу, аккомодация все более усиливается и, наконец, отчетливое видение предмета становится невозможным. Наименьшее расстояние от глаза, на котором предмет еще отчетливо виден, называют *ближайшей точкой ясного видения*.

Четкости получаемых изображений способствует рефлекторное изменение диаметра зрачка (*зрачковый рефлекс*). При рассматривании близко находящихся предметов кольцевая мускулатура радужки сокращается, а радиальная расслабляется. В результате на сетчатку проходят только центральные лучи, что устраняет так называемую сферическую аберрацию, светорас рассеяние, и различия в расстоянии от объекта до глаза меньше сказываются на

изображении. Сужение зрачка происходит также при ярком свете, в результате количество света, попадающего на сетчатку, уменьшается и это предотвращает повреждение сетчатки. Зрачки обоих глаз у здоровых людей бывают расширены или сужены одинаково. При освещении одного глаза зрачок другого тоже суживается, такая реакция называется содружественной.

Световосприятие. Поступление светового стимула на сетчатку вызывает генерацию ее нейронами потенциала действия, то есть световая энергия преобразуется в нервные импульсы. Этот процесс складывается из цепи фотохимических и электрических явлений и начинается в светочувствительных клетках сетчатки – палочках и колбочках.

Функционирование палочек и колбочек связано с наличием в них зрительных пигментов. Палочки содержат светочувствительный пигмент *родопсин*, или *зрительный пурпур*, находящийся на наружной поверхности мембранных дисков. В колбочках содержится йодопсин и другие зрительные пигменты. По структуре йодопсин близок к родопсину.

Зрительный пигмент представляет собой сложную молекулу, состоящую из белковой части *опсина* и поглощающего свет каротиноида – *ретинала*. Последний представляет собой альдегидную форму витамина А. Источником ретинала в организме служат каротиноиды, при недостатке которых (дефицит витамина А) развивается «куриная слепота». При воздействии света на родопсин один фотон способен вызывать его изомеризацию. После фотоизомеризации ретинала происходят пространственные изменения и в белковой части молекулы (опсина). В результате ретиналь обесцвечивается (процесс, называемый *выцветанием*). Запускается цепь молекулярных взаимодействий, усиливающих сигнал. Ионные каналы в наружном сегменте фоторецептора закрываются, что приводит к гиперполяризации мембраны, то есть возникновению на ней рецепторного потенциала, распространяющегося вдоль клетки. Для того чтобы избежать выцветания пигмента при фиксации какой-то точки, глаз постоянно совершает микродвижения в пределах 1–2 угловых минут (микросаккады). Микросак-

кады необходимы для того, чтобы непрерывно видеть неподвижные объекты. После прекращения воздействия света родопсин тотчас же ресинтезируется. Этот процесс лежит в основе темновой адаптации. В полной темноте требуется около 30 мин, чтобы все палочки адаптировались, и глаза приобрели максимальную чувствительность.

Биполярные клетки, связанные через синапсы с палочками, тоже отвечают гиперполяризацией, но в ганглиозных клетках, аксоны которых образуют зрительный нерв, в ответ на сигнал от биполярной клетки возникает распространяющий потенциал действия.

Поглощение света родопсином и его расщепление различны в зависимости от длины волны действующих на него световых лучей. Родопсин в наибольшей степени поглощает световые лучи с длиной волны около 500 нм, то есть в сине-зеленой части спектра. Эти лучи в темноте кажутся наиболее яркими. Колбочки содержат пигмент йодопсин, а также пигменты хлоролаб (поглощает лучи, соответствующие зеленой части спектра) и эритролаб (поглощает лучи, соответствующие красной части спектра). Родопсин в наибольшей степени поглощает желтый свет с длиной волны около 560 нм.

Вслед за комплексом фотохимических реакций в зрительных рецепторах, а затем в зрительном нерве возникают электрические колебания, связанные с возбуждением рецепторного аппарата глаза. Суммарный электрический ответ сетчатки на действие света называется *электроретинограммой*. Она может быть зарегистрирована от целого глаза или непосредственно от сетчатки. На электроретинограмме различают несколько волн. Волна *a* отражает возбуждение внутренних сегментов фоторецепторов и горизонтальных клеток. Волна *b* возникает в результате активации глиальных клеток, в ответ на возбуждение биполярных и амакриновых клеток. Волна *c* отражает активацию клеток пигментного эпителия, а *d* – горизонтальных клеток. На электроретинограмме отражаются интенсивность, цвет, размер и длительность действия светового раздражителя. Ее волны отражают активность почти

всех клеток сетчатки (кроме ганглиозных), этот показатель широко используется в клинике глазных болезней для диагностики и контроля лечения при различных заболеваниях сетчатки.

Возбуждение ганглиозных клеток сетчатки приводит к тому, что по их аксонам (волокна зрительного нерва) в мозг устремляются импульсы. Диаметр рецептивных полей в центре сетчатки значительно меньше, чем на периферии.

Свойства зрения.

Световая чувствительность. Для того чтобы возникло зрительное ощущение, источник света должен обладать некоторой определенной энергией. Минимальное число квантов света, необходимое для возникновения возбуждения в глазу, находящемся в темноте, колеблется от 8 до 47. Наименьшая интенсивность света, которую человек способен увидеть – это *порог световой чувствительности*. Поскольку при освещении сетчатки свет практически действует не на один, а на группу рецепторов, считают, что одна палочка может быть возбуждена всего 1–2 квантами света. Таким образом, чувствительность рецепторов сетчатки при наиболее благоприятных условиях световосприятия (при максимальной адаптации глаза к темноте) равна физически предельной чувствительности. При дневном зрении максимальной чувствительностью обладает желтое пятно. При сумеречном зрении – выше чувствительность клеток периферии сетчатки. В реальных условиях на величину порога световой чувствительности существенно влияет процесс адаптации.

Адаптация. Чувствительность зависит от исходной освещенности. При переходе от темноты к свету наступает временное ослепление. Постепенно чувствительность глаза снижается. Приспособление зрительной системы к условиям яркой освещенности называют *световой адаптацией*. Происходит она в течение 15–60 с. Обратное явление наблюдается при переходе из светлого помещения в темное. В первое время человек ничего не видит. Постепенно начинают выявляться контуры предметов, а затем различаться и их детали, так как чувствительность фоторецепторов и зрительных нейронов в темноте постепенно повышается.

Повышение чувствительности зрения, обеспечивающее приспособление его к условиям малой освещенности, называют *темновой адаптацией*. Повышение световой чувствительности во время пребывания в темноте происходит неравномерно.

Важное значение в процессе темновой адаптации имеет восстановление зрительных пигментов. Йодопсин колбочек в темноте восстанавливается быстрее родопсина палочек, поэтому в первые минуты пребывания в темноте адаптация зависит от процессов, протекающих в колбочках. Этот первый период адаптации не вызывает больших изменений чувствительности глаза в целом, так как абсолютная чувствительность колбочкового аппарата невелика. Следующий период адаптации связан с восстановлением родопсина. Этот период протекает медленно и завершается только к концу первого часа пребывания в темноте. Восстановление родопсина сопровождается резким повышением чувствительности палочек сетчатки к свету. Поскольку при длительном пребывании в темноте максимально чувствительными становятся палочки, то слабо освещенные предметы видны лишь тогда, когда их изображения падают на периферические части сетчатки. Если же смотреть на тусклое изображение прямо, оно становится невидимым. Явления адаптации зависят также от процессов, происходящих в нервных элементах сетчатки.

Цветовая адаптация – снижение возбудимости глаза при действии лучей, вызывающих цветовые ощущения. Чем интенсивнее цвет, тем быстрее падает возбудимость глаза. Наиболее быстро и резко понижается возбудимость при действии синефиолетового раздражителя, медленнее и меньше всего – зеленого. Исходя из этого, предпочтительным цветом классной доски является зеленый.

Контрастная чувствительность. Взаимное торможение зрительных нейронов лежит в основе яркостного светового контраста. Для его обнаружения можно положить серую полоску бумаги на светлый фон. Она будет казаться темнее такой же полоски бумаги, положенной на темном фоне. Светлый фон возбуждает большую часть нейронов сетчатки, а их возбуждение оказывает

тормозящее влияние на клетки, возбуждаемые сигналами от рецепторов, на которые проецируется бумажная полоска. Поэтому последняя, находясь на ярко освещенном фоне, вызывает более слабое возбуждение и кажется темной.

Наиболее сильное тормозное взаимодействие обнаруживается между близко расположенными зрительными нейронами. Оно лежит в основе так называемого локального контраста. В результате этого взаимодействия усиливаются перепады воспринимаемой яркости на границах двух поверхностей разной освещенности. В основе этого эффекта, называемого также подчеркиванием контуров, лежит латеральное торможение между соседними возбужденными элементами, осуществляемое с помощью тормозных интернейронов.

Слишком яркий свет вызывает неприятное ощущение ослепления. Верхняя слепящая граница яркости зависит от предварительной темновой адаптации глаза: чем больше глаз адаптировался к темноте, тем меньшая яркость света будет вызывать ослепление. Именно поэтому водителей автомобилей сильно ослепляют фары встречных машин на ночной дороге. Если в поле зрения, кроме рассматриваемых предметов, попадают объекты большой яркости, то они могут ухудшить различение сигналов в значительной части сетчатки. Именно поэтому при тонких зрительных работах пользуются рассеянным светом, не ослепляющим глаз.

Существует эквивалентность между интенсивностью и длительностью действия света на глаз. Чем короче зрительный стимул, тем большую интенсивность он должен иметь, чтобы вызывать зрительное ощущение. Таким образом, для возникновения зрительного ощущения имеет значение суммарное количество световой энергии. Эта связь между длительностью и интенсивностью сохраняется при коротких длительностях стимулов – до 20 мс. Для более длительных сигналов (от 20 мс до 250 мс) полная компенсация пороговой интенсивности (яркости) за счет длительности уже не наблюдается. Всякая зависимость между способностью к обнаружению света и его длительностью исчезает после того, как продолжительность стимула достигает 250 мс,

а при больших длительностях решающей становится интенсивность. Зависимость пороговой интенсивности света от длительности его воздействия называется временной суммацией. Этот показатель используется для оценки функции зрительной системы.

Возрастные особенности световой чувствительности.

Световая чувствительность изменяется с возрастом. Светоощущения есть уже у недоношенных детей. У них выявлено возбуждение как аппарата дневного, так и аппарата сумеречного зрения. Изменение световой чувствительности с возрастом зависит от изменяющейся возбудимости зрительных нервных центров. Световая чувствительность значительно увеличивается в возрасте от 4 до 20 лет, после 30 лет начинает снижаться. С возрастом изменяется критическая частота световых мельканий – наименьшее число перерывов света в 1 с, при которой наступает слияние мельканий; у детей 7–8 лет она составляет 25, у 9–10-летних – 30, в 12–14 лет – 40–41 кол/с.

Цветовосприятие глаза и его нарушение. В видимой части спектра человеческий глаз поглощает свет всех длин волны, воспринимая их в виде шести цветов, каждый из которых соответствует определенному участку спектра. На длинноволновом краю видимого спектра находятся лучи красного цвета, на коротковолновом – фиолетового. Остальные цвета спектра (оранжевый, желтый, зеленый, синий) имеют промежуточные значения длины волны. Смешение лучей всех спектральных цветов дает белый цвет. Белый цвет может быть получен и при смешении двух так называемых парных дополнительных цветов: красного и синего, желтого и синего. Если произвести смешение цветов, взятых из разных пар, то можно получить промежуточные цвета. В результате смешения трех основных цветов спектра – красного, зеленого и синего – могут быть получены любые цвета. Особенностью глаза является то, что он не различает, смешение каких лучей дало тот или иной цвет.

Существует ряд теорий цветоощущения. Наибольшим признанием пользуется *трехкомпонентная теория*. Она утверждает существование в сетчатке трех разных типов цветовоспринимающих

фоторецепторов – колбочек. О существовании трехкомпонентного механизма восприятия цветов говорил еще М.В. Ломоносов. В дальнейшем эта теория была сформулирована в 1801 г. Т. Юнгом и затем развита Г. Гельмгольцем.

Согласно этой теории, в колбочках находятся различные светочувствительные вещества. Одни колбочки содержат вещество, чувствительное к красному цвету, другие – к зеленому, третьи – к фиолетовому. Всякий цвет оказывает действие на все три цветоощущающих элемента, но в разной степени. Эти возбуждения суммируются зрительными нейронами и, дойдя до коры, дают ощущение того или иного цвета.

По теории Э. Геринга в колбочках сетчатки существуют три гипотетических светочувствительных вещества: бело-черное, красно-зеленое, желто-синее. Распад этих веществ под влиянием света приводит к ощущению белого, красного или желтого цвета. Другие световые лучи вызывают синтез этих гипотетических веществ, вследствие чего появляется ощущение черного, зеленого и синего цветов.

Трехкомпонентная теория получила веские подтверждения в электрофизиологических исследованиях. На действие цветового раздражителя одиночные ганглиозные клетки сетчатки отвечают по-разному. В одних клетках возникает электрический потенциал на действие всех цветов спектра (*доминаторы*). В других клетках электрические потенциалы возникают при действии волн определенной длины (от 400 до 600 нм). Эти клетки были названы *модуляторами*.

Согласно представлениям Р. Гранита, три компонента цветовосприятия, предполагавшиеся Т. Юнгом и Г. Гельмгольцем, получаются в результате усреднения кривых спектральной чувствительности модуляторов, которые могут быть сгруппированы соответственно трем основным частям спектра: сине-фиолетовой, зеленой и оранжевой.

Трехкомпонентная теория цветового зрения объясняет ряд психофизиологических феноменов (например, последовательные цветовые образы) и некоторые факты патологии цветовосприятия (слепоте по отношению к отдельным цветам).

Согласно трехкомпонентной теории каждый из всех видов частичной цветовой слепоты является результатом отсутствия одного из трех цветовоспринимающих веществ колбочек, и цветовое зрение у этих людей осуществляется за счет сохранившихся двух фоторецепторных веществ. При полной цветовой слепоте имеет место поражение колбочкового аппарата сетчатки. Исследование цветового зрения имеет большое значение, особенно для лиц, которым по роду профессии необходимо хорошо ориентироваться во всех цветах. Это исследование проводится с помощью полихроматических таблиц Е.Б. Рабкина.

Согласно трехкомпонентной теории, при длительном действии лучей определенной длины волны (определенного цвета) в колбочках, которые их воспринимают, происходит расщепление соответствующего светочувствительного вещества. Поэтому, когда после этого на глаз действует белый свет, входящие в его состав лучи той длины, которые ранее действовали на глаз, соответствующими колбочками воспринимаются хуже. В итоге возникает ощущение дополнительного цвета (из белого цвета вычитается тот, который действовал на глаз до этого).

Убедиться в существовании феномена можно, если долго смотреть на окрашенный предмет, а затем перевести взор на белую бумагу, то тот же предмет будет виден окрашенным в дополнительный цвет (феномен последовательных цветовых образов).

Аномалии цветовосприятия. В соответствии с трехкомпонентной теорией цветового зрения нормальное ощущение цвета называется нормальной *трихромазией*. Нарушения цветового зрения могут проявляться либо аномальным восприятием цветов, которое называется аномальной трихромазией, либо полным выпадением одного из трех компонентов – *дихромазией*, либо цветослабостью. Встречаются три вида дихромазии: *протанопия* (слепота на красный цвет), *дейтеранопия* (слепота на зеленый цвет), *тританопия* (слепота на синий цвет). *Полная цветовая слепота* – встречается редко и характеризуется тем, что человек видит все предметы лишь в разных оттенках серого цвета (подобно бесцветным фотографиям).

Нарушение цветового зрения может быть врожденным и приобретенным. Врожденные нарушения цветового зрения не сопровождаются нарушением других зрительных функций, как правило, стабильны, выявляются на обоих глазах и передаются по наследству, чаще наблюдаются у мужчин. Врожденные расстройства цветового зрения называют *дальтонизмом*.

Приобретенные расстройства цветового зрения встречаются при воспалительных или дистрофических заболеваниях сетчатки, зрительного нерва или центральной нервной системы. Они могут наблюдаться в одном или обоих глазах, обычно сопровождаются нарушением восприятия всех трех цветов, протекают в сочетании с другими расстройствами зрительных функций. К приобретенным расстройствам цветоощущения относятся и видение предметов, окрашенных в какой-либо один цвет – красный, желтый, зеленый или синий. В отличие от врожденных нарушений цветового зрения, которые постоянны, приобретенные нарушения нормализуются по мере излечения от заболевания, ставшего его причиной.

Возрастные особенности цветового зрения. Вопрос о развитии цветоощущения до конца не выяснен. По данным некоторых исследователей, цветоощущение присуще уже новорожденным. Исследование условных рефлексов выявило возможность дифференцирования цветов при образовании защитных мигательных и пищевых рефлексов на 3-м месяце жизни. Установлено, что грудные дети различают разные степени яркости цветов. В 3-летнем возрасте ребенок различает как абсолютную величину яркости цвета, так и соотношение яркости цветов. По мере созревания центральной нервной системы возрастает различительная цветовая чувствительность, резкое повышение которой отмечено в 10–12 лет. Различение цветов по цветовому тону, круто возрастая к 10 годам, продолжает увеличиваться до 30 лет, затем медленно снижается к старости.

Центральное и периферическое зрение и их показатели.

Центральное зрение – зрение обеспечиваемое колбочковым аппаратом, отвечает за восприятие цвета и определение формы предмета. Показателем центрального зрения является *острота зрения* – максимальная способность различать отдельные объек-

ты. Острота зрения зависит от величины рефракции, а также от степени совпадения изображения предмета с центральной ямкой, обеспечивающей самую высокую остроту зрения. Острота зрения зависит от общей освещенности окружающих предметов. При дневном свете она максимальна, в сумерках и в темноте острота зрения падает.

Для определения остроты зрения применяют таблицы, содержащие несколько рядов специально подобранных знаков. Все знаки для исследования остроты зрения можно разделить на две основные группы: простые (знаки различия) и сложные (знаки узнавания). К первой группе относятся кольца Ландольта, символы типа буквы «Ш» Снеллена и Пфлюгера, силуэтные фигуры различной ориентации. При этом используется всего один знак, предъявляемый в различных положениях. Ко второй группе относятся буквы, цифры и картинки различного содержания. В таблицах буквы подобраны не случайно, а на основании расчета их величин и угловых размеров деталей. Обычно из букв выбирают те, которые хорошо вписываются в квадрат. При начертании букв соблюдают принцип Снеллена: ширина квадрата в 5 раз превосходит толщину линии. Наиболее распространена таблица Головина–Сивцева. Она рассчитана на исследование с расстояния 5 м (для исключения влияния аккомодации) и состоит из двух половин: в левой – буквы Н К И Б М Ш Ы (имеют примерно одинаковую вероятность узнавания), в правой – кольца Ландольта в четырех положениях. Те и другие расположены в случайном порядке. Каждая таблица состоит из 10–12 рядов.

В каждом ряду размеры знаков одинаковы, но постепенно уменьшаются от верхнего ряда к нижнему. Чтение знаков первого ряда соответствует остроте зрения равной 0,1, второго – 0,2 и т. д. Этот принцип нарушен только в двух последних строках, так как чтение 11-й строки соответствует остроте зрения 1,5, а 12-й – 2,0. Если исследуемый не может различить знаки первого ряда с расстояния 5 метров, то его подводят к таблице (или приближают к нему отдельные знаки) и устанавливают расстояние, с которого он начинает различать верхний ряд. Каждые 0,5 м соответствуют

остроте зрения, равной 0,01. Так определяют остроту зрения от 0,09 до 0,01. При более низкой остроте зрения предлагают различить пальцы или движения руки исследующего. Различение их с расстояния 30 см соответствует остроте зрения, равной 0,001. Когда зрение так мало, что глаз не различает предметов, а воспринимает только свет, остроту зрения считают равной световосприятию. Если исследуемый не ощущает даже света, то его острота зрения равна нулю.

Показатель относительной остроты зрения для правого глаза фиксируют как *visus OD*, для левого – *visus OS*.

Острота зрения у детей с нормальной рефракцией увеличивается с возрастом и в норму приходит к 5–15 годам. У новорожденного острота зрения низкая. К 1 году составляет 0,1–0,3 диоптрий. В 4–5 лет она в среднем равна 0,80 %, в 5–6 лет – 0,86 %, в 7–8 лет – 0,91 %. В возрасте от 10 до 15 лет острота зрения повышается от 0,98 до 1,15 диоптрий.

Периферическое зрение (палочковое или ночное) обеспечивает ориентацию в пространстве, обладает высокой чувствительностью по отношению к движущимся предметам. Кроме того, периферическое зрение играет большую роль в условиях пониженного освещения – с его помощью различается свет. Показатель периферического зрения – *поле зрения* – это то пространство, которое одновременно воспринимается неподвижным глазом (то есть при фиксации взгляда в одной точке). Поле зрения имеет периферические и центральные отделы.

Измерение границы поля зрения можно провести субъективно путем сравнения поля зрения обследуемого и исследователя, с помощью сеток и таблиц, но наиболее четкие данные будут получены при инструментальном исследовании. Проводят прибором, называемым *периметром*.

Поля зрения обоих глаз у человека отчасти совпадают, что имеет большое значение при восприятии глубины пространства. Абсолютные значения границ у разных людей могут существенно варьировать. Поля зрения для различных цветов неодинаковы, больше всего поле зрения для бесцветных предметов. Его грани-

цы составляют книзу 70 °, кверху 60 °, внутрь 60 ° и кнаружи 90 °. Для синего и желтого цветов поле зрения значительно меньше, для красного – еще меньше, а для зеленого – простирается наружу только на 40 °. Измерение границы поля зрения имеет диагностическую ценность для выявления расстройств в нервном аппарате глаза – может быть сужение поля зрения, может быть очаговое выпадение в виде пятен.

Патологические изменения поля зрения чаще наблюдаются при заболеваниях сетчатки, зрительного нерва и головного мозга, сопровождающихся поражением зрительных проводящих путей или зрительных центров. Они проявляются изменением границ поля зрения или появлением скотом внутри этих границ. Сужение поля зрения бывает концентрическим и секторообразным.

Концентрическое сужение может варьировать от сравнительно небольшого до значительного, вплоть до точки фиксации (трубчатое поле зрения). Концентрическое сужение поля зрения развивается при различных органических заболеваниях (пигментной дегенерацией сетчатки, невритах и атрофии зрительного нерва, глаукоме в поздней стадии и др.), однако может носить также функциональный характер (при неврозах, неврастении, истерии).

Секторообразное сужение поля зрения характерно для глаукомы, некоторых видов атрофии зрительного нерва, отслойки сетчатки.

Большое диагностическое значение имеет выявление выпадений половин поля зрения (*гемиянопсия*) и квадрантов поля зрения (*квадрианопсия*), которые наблюдаются при поражениях различных отделов зрительных проводящих путей и зрительных центров.

Скотомы – дефект поля зрения, не достигающий его границ. Различают физиологические и патологические скотомы. **Физиологическая скотома** в виде слепого пятна (пятно Мариотта) наблюдается в норме и обнаруживается при исследовании поля зрения. При бинокулярном зрении физиологическая скотома субъективно не воспринимается, так как поля зрения правого и левого глаза частично перекрываются. Этому способствуют также постоянные

непроизвольные микродвижения глазных яблок. *Патологические скотомы* возникают главным образом при поражениях сетчатки, собственно сосудистой оболочки глаза, зрительных проводящих путей и центров.

Среди патологических скотом различают положительные и отрицательные. Положительными скотомами называют такие дефекты поля зрения, которые видит сам больной как темное пятно, закрывающее часть рассматриваемого предмета. Наличие положительной скотомы обусловлено экранированием светочувствительных элементов сетчатки патологическими очагами, расположенными перед ней. Отрицательные скотомы больной не замечает, их обнаруживают только при исследовании поля зрения. Обычно такие скотомы возникают при поражении зрительного нерва.

По интенсивности скотомы делят на абсолютные и относительные. *Абсолютной скотомой* называют такой дефект поля зрения, в области которого зрительное восприятие полностью отсутствует. *Относительные скотомы* характеризуются ослаблением зрительного восприятия по сравнению с соседними участками поля зрения.

По форме патологические скотомы могут быть овальными, круглыми, клиновидными, дугообразными, кольцевидными и др.

Изменение поля зрения является важным диагностическим критерием, поскольку может явиться единственным ранним признаком некоторых глазных заболеваний и поражений головного мозга.

Лица с сужением поля зрения до 10° относятся к практически слепым и могут быть признаны инвалидами первой группы по зрению. Дети с выраженным сужением поля зрения направляются в школы для слепых и обучаются по рельефной системе Брайля.

Наличие в поле зрения отдельных периферических скотом в большинстве случаев не оказывает влияния на ориентацию. Однако даже небольшие центральные скотомы существенно затрудняют зрительное восприятие. При наличии обширных двусторонних скотом зрительная работа (чтение, рассматривание рисунков и т. п.) становится затруднительна.

Роль движения глаз для зрения. Получение отчетливого изображения предмета на сетчатке возможно при обеспечении его нахождения на зрительной оси глаза. Зрительная фиксация выполняется глазами одновременно и движение глаз осуществляется содружественно, то есть зрительные оси всегда направлены на один и тот же предмет. Выделяют несколько форм движений глаз, присущих глазодвигательным мышцам.

Саккады – содружественные скачкообразные движения, вследствие которых изображение на сетчатке непрерывно смещается с одной точки на другую, раздражая тем самым новые фоторецепторы и предупреждая их адаптацию.

Вергентные движения – медленные следящие движения обеспечивают рассмотрение движущихся объектов, находящихся на разном удалении от наблюдателя, удерживая изображение все время в пределах центральной ямки. Существуют *конвергентные* и *дивергентные движения*, направленные в противоположные стороны, определяются характером движения зрительного объекта – приближением, удалением. *Конвергенция* (схождение) зрительных осей наблюдается при рассматривании близко расположенных предметов. Обеспечивается сведением зрительных осей с помощью сокращения прямых мышц глаза. При конвергенции зрительных осей конвергентная реакция зрачков выражается в их сужении. *Дивергенция* – расхождение зрительных осей, наблюдается при фиксации взора на далеко расположенном объекте, осуществляется при помощи наружных прямых мышц глаза. Во время конвергентных и дивергентных движений глазодвигательные системы обоих глаз подчиняются программе, координирующей их одновременные действия.

Вестибуло-окулярные движения – компенсаторные движения, возникают при изменении положения головы в пространстве, направлены на сохранение проекции объекта в области центральной ямки.

Инерция зрения, слияние мельканий и последовательные образы. Зрительные ощущения появляются при действии раздражителя не мгновенно. Прежде чем в зрительной области коры

мозга возникает возбуждение, должен произойти ряд физиологических процессов в сетчатке и подкорковых зрительных центрах. Время «инерции зрения», необходимое для возникновения зрительного ощущения, в среднем равно 0,03–0,1 с. Зрительное ощущение исчезает также не сразу после того, как прекратилось раздражение; оно держится еще в течение 150–250 мс. Если мы в темноте будем водить по воздуху раскаленным углем, то увидим не движущуюся точку, а сплошную линию. Быстро следующие одно за другим световые раздражения сливаются в одно ощущение. Если вращать круг с секторами черного и белого цвета, то при больших скоростях мы увидим круг, равномерно окрашенный в серый цвет. Минимальная частота следования стимулов, при которой уже происходит слияние отдельных ощущений, называется *критической частотой слияния* (*критической частотой мельканий*).

Этот показатель неразрывно связан с временной суммацией: процесс суммации обеспечивает плавное слияние последовательных изображений в непрерывный поток зрительных впечатлений. Чем выше интенсивность световых вспышек, тем выше критическая частота мельканий. Критическая частота мельканий при средней интенсивности света составляет 16–20 в 1 с. Ощущения, продолжающиеся после того, как прекратилось раздражение, называются *последовательными образами*. Так, например, если посмотреть на лампу и затем закрыть глаза, то лампа будет видна еще в течение некоторого времени. Последовательные образы могут быть положительными и отрицательными. Положительный образ соответствует видимому предмету по светлости. Отрицательный световой образ является контрастным, негативным по отношению к видимому предмету. Так, например, если после длительного фиксирования на освещенном предмете перевести глаза на светлый фон, то некоторое время можно видеть негативное изображение этого предмета, то есть более светлые его части – более темными, а более темные – более светлыми. Фиксирование взгляда на освещенном предмете вызывает изменение состояния определенных участков сетчатки: если после этого перевести взор

на равномерно освещенный экран, то отражаемый им свет оказывает более сильное возбуждающее действие на те участки, которые не были возбуждены.

Бинокулярное зрение, его значение. *Бинокулярное зрение* – это зрение двумя глазами, при условии, что изображение, падающее на область центральной ямки в коре головного мозга, сливается в единый корковый образ. Бинокулярное зрение – важный фактор, обеспечивающий восприятие пространства. Оно позволяет ощущать рельефные изображения предметов, видеть глубину и определять расстояние предмета от глаза при рассматривании предметов левым и правым глазом.

При взгляде на какой-либо предмет у человека не возникает ощущения двух предметов, хотя и имеется два изображения на двух сетчатках. При зрении обоими глазами изображения всех предметов попадают на соответственные, или идентичные, участки сетчаток, «корреспондирующие» точки, и в восприятии человека эти два изображения сливаются в одно.

Корреспондирующие точки – точки, функционально связанные друг с другом и одновременно, возбуждаемые стимулом одной и той же характеристики. Если же смотреть на близкий предмет, конвергируя глаза, то изображения более отдаленной точки попадают на неидентичные точки, которые иначе называются *диспаратными*, поэтому изображение будет представляться раздвоенным.

Диспаратные точки – любые две точки на сетчатках обоих глаз, на которые при нормальном положении глазных яблок никогда одновременно не проецируется изображение внешнего точечного объекта. Диспарация играет большую роль в оценке расстояния.

Фузионный рефлекс – двигательный рефлекс в виде содружественных движений глазных яблок, возникающих при одновременном раздражении функционально различных (диспаратных) точек сетчатки правого и левого глаза и приводящих к проецированию изображения объекта-раздражителя на корреспондирующие точки сетчатки; обеспечивает возможность бинокулярного зрения.

Нормальное бинокулярное зрение предполагает согласованную работу глазных мышц и достаточно высокую остроту зрения на обоих глазах. Условия для формирования нормального бинокулярного зрения: хороший оптический, световоспринимающий и мышечный аппарат. В механизме бинокулярного зрения отчетливо проявляется единство сенсорной и моторной систем зрительного анализатора; слияние изображений рассматриваемого объекта обеспечивается совместно с деятельностью глазодвигательных мышц, придающих зрительным осям необходимое направление. Всякое расстройство бинокулярного зрения ведет к содружественному косоглазию.

Бинокулярное зрение имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием одного глаза, в том числе расширяет поле зрения и дает возможность компенсировать повреждения одного глаза за счет другого. Кроме того, бинокулярное зрение снимает эффект слепого пятна и лежит в основе стереоскопического зрения. *Стереоскопическое зрение* обусловлено тем, что на сетчатках двух глаз одновременно возникают слегка различающиеся изображения, которые мозг воспринимает как один образ. Способность к стереоскопическому восприятию двойных изображений, формируясь постепенно, достигает максимальных значений в юношеском возрасте. Начиная с 40 лет, область стереоскопического восприятия несколько уменьшается.

Проявляется нарушение бинокулярного зрения диплопией. *Диплопия* – нарушение зрения, состоящее в двоении видимых предметов. Возникновение двоения связано с тем, что изображение рассматриваемого предмета при отклонении глазного яблока попадает не на центральную ямку, а на другой участок сетчатки. *Диплопия одноименная* – бинокулярная диплопия, при которой изображение, относящееся к правому глазу, проецируется справа, а относящееся к левому – слева; наблюдается при нарушении функции глазодвигательных мышц, отводящих глазное яблоко. *Диплопия перекрестная* – диплопия, при которой изображение, относящееся к правому глазу, проецируется слева, а относящееся к левому – справа; наблюдается при нарушении функции глазодвигательных мышц, приводящих глазное яблоко.

☞ Вопросы и задания

1. Заполните таблицу последовательности физиологического преобразования зрительной сенсорной системой светового раздражения в зрительное ощущение.

Этап зрительного акта	Структуры, обеспечивающие реализацию этапа	Результат
1 этап		
2 этап		
3 этап		
4 этап		

2. Перечислите по порядку структуры, через которые проходит свет по пути к сетчатке.
3. Какие структуры глаза составляют оптическую систему глаза?
4. В чем состоит суть рефракции глаза? Что такое клиническая рефракция?
5. Дайте определение понятий «главный фокус», «оптическая ось».
6. Дайте определение понятий «эмметропия» и «аметропия».
7. Зарисуйте ход лучей и проекцию изображения в глазу при эмметропии.
8. Что такое дальнейшая и ближайшая точка ясного видения? Какими факторами определяется расстояние до них?
9. В чем состоит суть аккомодации?
10. Какими факторами и механизмами определяется четкость изображения предмета в глазу?
11. Заполните таблицу по взаимоотношениям, существующим между структурами, участвующими в изменении формы хрусталика, и степенью преломления света.

Цилиарная мышца	Циннова связка	Кривизна хрусталика	Преломление света

12. Составьте таблицу нарушений цветовосприятия, включив в нее вид нарушения и характер его проявления.
13. За что отвечают центральное и периферическое зрение? Чем обеспечиваются? Назовите их показатели и способы определения. В чем проявляются дефекты поля зрения?
14. В чем состоит значение саккадных движений глаз?
15. Что такое бинокулярное зрение? В чем состоит стереоскопичность зрения? При каких условиях формируется бинокулярное зрение? Как проявляется нарушение бинокулярного зрения?

Тема 4

ПАТОЛОГИЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

Полнота функционирования зрительного канала поступления информации об окружающей среде зависит от состояния всех отделов зрительного анализатора. Соответственно, нарушения функции восприятия зрительного стимула могут быть связаны с поражением различных звеньев зрительного анализатора: воспринимающего аппарата глаза (оптическая система, сетчатка), проводящего аппарата (зрительный нерв, зрительный тракт и зрительные проводящие пути в подкорковых образованиях и коре головного мозга), анализирующего аппарата (подкорковые и корковые зрительные центры). Врожденные и приобретенные нарушения функции зрения, хронические и длительно текущие, проявляются частичной или полной утратой зрительной функции, дискомфортом и ограничением жизнедеятельности. Всего в Международной классификации болезней (МКБ-10) приведено более 200 наименований патологических поражений глаза и его придаточного аппарата.

Оптические нарушения зрения. Нормальная зрительная функция обеспечивается оптимальным преломлением лучей света оптическим аппаратом относительно сетчатки. Нарушения оптического аппарата глаза изменяют положение главного фокуса по отношению к сетчатке (аметропия) и проявляются в снижении остроты зрения. В зависимости от причин аметропии выделяют несколько ее видов.

Осевая аметропия – нарушение положения главного фокуса по отношению к сетчатке, вызванное изменением длины осей глазного яблока.

Рефракционная аметропия – нарушение положения главного фокуса по отношению к сетчатке, возникшее в результате изменения преломляющей силы оптического аппарата глаза, в том

числе вследствие нарушения кривизны поверхности роговой оболочки глаза или хрусталика.

Аккомодационная, или функциональная аметропия – нарушение положения главного фокуса по отношению к сетчатке, обусловленное изменением механизма регуляции преломляющей силы хрусталика.

В зависимости от положения главного фокуса по отношению к сетчатке аметропия бывает следующих видов: миопия (близорукость), гиперметропия (дальнозоркость), астигматизм. Наиболее распространенным нарушением рефракции является миопия.

Миопия (близорукость) – сильная рефракция, характеризуется расположением главного фокуса перед сетчаткой, в результате изображение получается нечетким. На сетчатке могут соединяться только расходящиеся лучи, идущие от предмета, расположенного на определенном расстоянии от глаза. Причем, чем ближе к глазу предмет, тем сильнее расхождение посылаемых лучей и степень близорукости. Чтобы ясно видеть вдаль при миопии, перед глазами должны быть обоюдовогнутые рассеивающие (*concav*) линзы (отрицательные, обозначаются знаком «-»), которые отодвигают изображение на сетчатку. В зависимости от преломляющей силы линзы, необходимой для ослабления рефракции близорукого глаза, различают миопию слабой степени – до 3,0 D, средней степени 3,25–6,0 D и высокой степени – 6,25 D и более.

По времени появления миопия может быть врожденная и приобретенная. Врожденная миопия – явление крайне редкое, констатируется с первых дней жизни и обусловлена аномалиями развития глазного яблока. В подавляющем большинстве случаев близорукость начинает развиваться в школьные годы. Интенсивная зрительная работа вызывает перегрузку цилиарной мышцы. При отсутствии ее систематического расслабления наступает спазм аккомодации – функциональное состояние напряжения рефракции, исчезающее с нормализацией тонуса цилиарной мышцы. Спазматическая (ложная) близорукость снимается специальными упражнениями, после чего зрение вновь восстанавливается

до нормального. Является начальным, пусковым моментом «рабочей» близорукости

В зависимости от анатомических особенностей, определяющих появление миопии, выделяют три ее варианта.

Осевая (сагиттальная) миопия – развивается в результате чрезмерного увеличения передне-задних размеров глазного яблока и, соответственно, удаления сетчатки от преломляющих сред глаза. Удлинение глаза на каждый миллиметр приводит к увеличению близорукости на 3 диоптрии.

Оптическая (рефракционная) миопия – развивается при относительно сильной преломляющей силе глаза, может быть роговичная, хрусталиковая.

Оптико-осевая (смешанная или комбинационная) миопия – развивается при относительном удлинении передне-задней оси глаза и относительном усилении его рефракции. При этом и ось глаза, и преломляющая сила его оптического аппарата не выходят за пределы величин, характерных для нормального глаза, но эти два решающих фактора комбинируются таким образом, что развивается, обычно сравнительно небольшой степени, близорукость.

По течению миопия может быть *стационарная* (непрогрессирующая), медленно *прогрессирующая* – острота зрения снижается до 1,0 D в год и быстро прогрессирующая – 1,0 D в год и более. С завершением роста организма прогрессирование миопии может закончиться. Непрогрессирующая миопия хорошо корректируется и не требует лечения. Благоприятно протекает и временно прогрессирующая миопия. Постоянно прогрессирующая миопия – серьезное заболевание, являющееся основной причиной инвалидности, связанной с патологией органа зрения.

В развитии миопии могут иметь значение наследственная отягощенность, патология аккомодационного аппарата, слабость склеры, гиперфункция глазодвигательного аппарата при зрительной работе на близком расстоянии, нарушение регуляции офтальмотонуса. К факторам провоцирующим появление и развитие близорукости относятся: ранние детские общесоматические и ин-

фекционные болезни, неполноценное питание (гипер- и авитаминозы), плохая освещенность, малоподвижный образ жизни, повышенная зрительная нагрузка на очень близком от глаз расстоянии (бесцветные мелкие предметы) и др. Особенно склонны к миопии недоношенные дети.

Миопия проявляется в приближении рассматриваемых предметов к глазам, прищуривании, часто жалобах на «летающие мушки».

С приближением рассматриваемого объекта к глазам с целью облегчения аккомодации, они сильно конвергируют, что вызывает мышечное утомление, сопровождающееся ощущением ломоты в глазах, болями в области глазниц, головной болью. Длительное напряжение механизма конвергенции вызывает расстройство бинокулярного зрения. Устанавливается монокулярное зрение. Глаз, исключенный из акта бинокулярной фиксации, отклоняется кнаружи, то есть развивается содружественное расходящееся косоглазие.

В ряде случаев, при прогрессировании миопии, изменения глазного яблока могут принимать патологический необратимый характер, вызывая ухудшение питания тканей глаза, необратимые изменения сетчатки, а также растягивание и истончение склеры и роговицы, деструкцию и разжижение стекловидного тела, дегенерацию зрительного нерва (*дегенеративная миопия*). Следствием является существенное снижение остроты зрения, мало или совсем не поддающееся оптической коррекции.

Профилактика близорукости заключается в устранении факторов, провоцирующих ее развитие, а также соблюдении правильного зрительного режима.

Гиперметропия (дальнозоркость) – слабая рефракция, при которой главный фокус расположился бы за сетчаткой, характеризуется нечеткостью изображения. При дальнозоркости на сетчатку попадают сходящиеся, но не сфокусированные лучи. Для получения четкого изображения необходимо увеличить расстояние от глаза до рассматриваемого предмета или пользоваться очками с выпуклыми собирательными (*convex*) линзами (положи-

тельные, обозначаются знаком «+»). Различают три степени гиперметропии: слабую – до 2 D, среднюю – от 2,25 до 5 D, высокую – свыше 5,25 D.

В зависимости от анатомических особенностей, определяющих появление гиперметропии, выделяют три ее варианта.

Осевая дальнозоркость – развивается при относительно короткой передне-задней оси глаза, как правило, врожденной природы. С небольшой дальнозоркостью (1–3 D) рождаются около 90 % детей. К 8–12 годам у большинства из них глаза становятся соразмерными.

Рефракционная дальнозоркость – развивается при относительной слабости преломляющего аппарата глаза, почти всегда носит приобретенный характер и развивается в результате различных патологических процессов (уплощения роговицы, отсутствия хрусталика и пр.).

Комбинационная дальнозоркость – наблюдается относительная короткость передне-задней оси глаза и относительная недостаточность его рефракции, не выходящие при этом за пределы величин, характерных для нормального глаза; не сопровождается патологическими изменениями в глазу.

В зависимости от возможности компенсации за счет аккомодации выделяют дальнозоркость скрытую и явную. Скрытая дальнозоркость компенсируется привычным напряжением аккомодации глаза. В связи с этим, при небольших степенях дальнозоркости за счет напряжения цилиарной мышцы острота зрения сохраняется. При дальнозоркости высокой степени глаз плохо видит как вблизи, так и вдаль. Явная дальнозоркость не компенсируется привычным постоянным напряжением аккомодации.

Без коррекции зрения линзами цилиарная мышца постоянно напрягается, что вызывает утомление глаз, выражающееся в появлении головной боли, тупой боли во лбу и около глаз, чувстве давления в глазах, нарушении восприятия текста при чтении (буквы сливаются, становятся неясными). Перерыв в зрительной работе обычно временно устраняет эти ощущения, но при возобновлении занятий они возникают вновь.

Некорригированная гиперметропия средней и высокой степени у детей может привести к развитию косоглазия, как правило, содружественного сходящегося. Кроме того, гиперметропические глаза считаются более предрасположенными к развитию глаукомы.

Профилактика дальнозоркости состоит в соблюдении режима освещения, зрительных и физических нагрузок, полноценности питания.

С возрастом, в связи с уплотнением хрусталиковых волокон, нарушением его эластичности и способности изменять кривизну, происходит ослабление аккомодации и развивается возрастная дальнозоркость. Это явление называется *пресбиопией*, или *старческим зрением*. Проявляется пресбиопия в постепенном отодвигании ближайшей точки ясного видения от глаза. В 10 лет ближайшая точка ясного видения находится на расстоянии менее 7 см от глаза, в 20 лет – 8,3 см, в 30 лет – 11 см, в 40 лет – 17 см, в 50 лет – 50 см, в 60–70 лет она приближается к 80 см.

Пресбиопия проявляется тогда, когда ближайшая точка ясного видения отодвигается на 30–33 см от глаза и вследствие этого человек теряет способность работать с мелкими предметами, что обычно происходит после 40 лет. Изменение аккомодации наблюдается, в среднем, до 65 лет. В этом возрасте ближайшая точка ясного видения отодвигается туда же, где находится и дальнейшая точка, то есть аккомодация становится равной нулю. Коррекция пресбиопии производится плюсовыми линзами. Существует простое правило для назначения очков. В 40 лет назначаются стекла +1,0 диоптрий, а затем каждые 5 лет прибавляется 0,5 диоптрий. После 65 лет, как правило, дальнейшей коррекции не требуется.

Астигматизм – наличие в одном глазу двух различных видов рефракции или одного вида рефракции, но разной степени преломления. При этом образуется два фокуса и в результате изображение получается нечетким. Явление это врожденного или, большей частью, приобретенного характера. Обусловлен астигматизм чаще всего неправильностью кривизны роговицы, препятствующей схождению всех лучей от предмета в одной точке на

сетчатке, а в некоторых случаях неправильной формой хрусталика. Соответственно различают роговичный и хрусталиковый астигматизм. Если в одном глазу сочетается эмметропия и аметропия, то такой астигматизм называют простым (миопическим или гиперметропическим). Если присутствует один вид рефракции, но разной степени преломления, то такой астигматизм называют сложным (миопическим или гиперметропическим). Если сочетаются миопия и гиперметропия, то астигматизм будет смешанным. Для коррекции зрения в таком случае используют линзы, которые располагаются по соответствующим, имеющим особое преломление, меридианам роговицы.

Симптомы астигматизма: понижение зрения как вдаль, так и вблизи, снижение зрительной работоспособности, быстрая утомляемость и болезненные ощущения при работе на близком расстоянии.

Нарушения глазодвигательных механизмов зрения. Обязательными составляющими хорошего зрения являются согласованные движения глаз в полном объеме. Каждый глаз должен уметь следить за движущимся объектом, легко и точно менять точку фиксации зрения. А так как способность к слежению зависит от четкости изображения видимого объекта, глаз с нарушенной рефракцией становится обычно неважным наблюдателем. Нарушения движения глазных яблок могут быть обусловлены изменениями как в глазу, так и в других отделах зрительного анализатора.

Идеальное мышечное равновесие обоих глаз называется *ортофорией*. Ортофория создает оптимальные условия для бинокулярного слияния изображений рассматриваемого предмета и облегчает зрительную работу. *Гетерофория* – неодинаковая сила действия глазодвигательных мышц, обусловленная анатомическими факторами и изменениями иннервации. При высоких степенях гетерофории ослабление фузионной способности может вызывать головную боль, тошноту, быструю утомляемость, переходящую в диплопию.

Амблиопия – пониженное зрение из-за бездействия глаза, называют также «ленивым глазом». Амблиопия часто является

функциональной и связана с недостаточным задействованием зрения. Недостаточная разрешающая способность центрального зрения одного глаза приводит к тому, что сигнал, поступающий от него в зрительный центр, игнорируется. Такая модель зрения может стать привычной настолько, что нормальное бинокулярное зрение так и не сможет сформироваться или, если оно уже было сформировано, может оказаться подавленным. Причем, даже после устранения причины амблиопии, мозг не в состоянии самостоятельно восстановить бинокулярность зрения, так как клетки мозга, отвечающие за стереоскопичность зрения, оказываются физически деградированными.

Амблиопия может возникать по ряду причин. Одна из них отсутствие доступа света к сетчатке, например, при катаракте, бельме роговицы, грубых изменениях в стекловидном теле и др. Обычно амблиопия развивается вследствие разной длины глаз (*анизометропия*), в результате которой сила, вид рефракции глаз отличается. Разница в рефракции приводит к тому, что мозг воспринимает зрительный образ не от обоих глаз вместе, то есть зрение не является бинокулярным, пространственным. Один глаз становится ведущим, а второй глаз из-за полного или недостаточного участия в зрении со временем может отклоняться в сторону, развивается косоглазие, часто сопровождающее амблиопию. Амблиопия может развиваться при длительном отсутствии коррекции аметропии, когда человек не носит очки, контактные линзы и глаза «не знают, что такое видеть хорошо».

С прогностической точки зрения важное значение имеет состояние зрительной фиксации косящего глаза при выключении из зрения ведущего. По состоянию фиксации различают амблиопию правильную, перемежающуюся и неправильную. Прогноз благоприятный при правильной, или центральной фиксации, если сохраняется функциональное превосходство центральной ямки перед остальными участками сетчатки и на рассматриваемый объект направляется зрительная ось глаза. При неправильной, или нецентральной фиксации, изображение предмета расположится вне центра желтого пятна либо на определенном участке глазного

дна. Перемежающаяся фиксация – чередование центральной и нецентральной. Нарушение зрительной фиксации при амблиопии – неблагоприятный прогностический признак.

Наиболее распространенными нарушениями глазодвигательного аппарата являются косоглазие (страбизм) и нистагм.

Косоглазие подразделяют на два типа: содружественное и паралитическое. Косоглазие возникает при невозможности привести зрительные оси обоих глаз к одной и той же точке.

Содружественное косоглазие характеризуется отклонением одного глаза от совместной точки фиксации и нарушением бинокулярного зрения. По времени появления различают врожденное и приобретенное косоглазие. По виду различают сходящееся (глаз отклоняется кнутри, к носу) и расходящееся (глаз отклоняется кнаружи, к виску).

Причиной содружественного косоглазия могут стать заболевания центральной нервной системы, нарушения рефракции, аномалии глазодвигательного аппарата и др. При некорригированной гиперметропии имеется тенденция к сходящемуся косоглазию, при некорригированной миопии к расходящемуся косоглазию.

Важное значение имеет выделение альтернирующего (перемежающегося) и монолатерального (когда постоянно отклонен один глаз) косоглазия. При альтернирующем косоглазии (косит то один, то другой глаз) каждый глаз сам по себе полноценен, но возможность их одновременного участия в зрении исключена. Попеременное участие в зрении одного из глаз осуществляется за счет подавления (торможения) другого. Проявлением торможения является появление скотомы в поле зрения отклоненного глаза.

При монолатеральном косоглазии участие в акте зрения при двух открытых глазах может принимать только одна строго определенная монокулярная система, а другая (на стороне отклоненного глаза) находится в заторможенном состоянии. Закрепляясь во времени, тормозной процесс приобретает новое качество – становится стойким, трудно изменяемым. Это приводит к стойкому снижению остроты зрения постоянно косящего глаза – *амблиопии*. При содружественном косоглазии амблиопия возникает

вследствие расстройства бинокулярного зрения, поэтому ее называют дисбинокулярной.

Паралитическое косоглазие характеризуется ограничением или отсутствием подвижности глаза, который косит в сторону пораженной мышцы. Этот вид косоглазия возникает в результате развития пареза или паралича, вследствие травм, опухолей, инфекций, интоксикаций, кровоизлияний. Острота зрения косящего глаза резко снижается, ухудшается возможность правильно определять расстояние между предметами, их размеры, объем.

Помимо косметического недостатка, косоглазие сопровождается серьезным расстройством монокулярных и бинокулярных функций. При возникновении косоглазия в одном глазу вся зрительная нагрузка переносится на здоровый глаз, а пораженный глаз постепенно перестает функционировать. Снижается острота зрения. Конечная цель при лечении содружественного косоглазия состоит в восстановлении бинокулярного зрения. Только при бинокулярном зрении полностью восстанавливается стереоскопическое восприятие окружающего. Поскольку расстройство бинокулярного зрения наступает, прежде всего, в результате наличия аметропии, *анизометропии* (разной длины глазных яблок), амблиопии, то необходимо повлиять на причины. Прежде всего, следует оптически (очками, контактными линзами) произвести коррекцию аметропии или анизометропии для обеспечения наиболее высокого уровня остроты зрения, то есть устранить первопричину развития расстройства бинокулярного зрения.

Нистагм представляет собой спонтанные, произвольные колебательные движения глазных яблок (дрожание глаз). Наличие нистагма существенно осложняет осуществление процессов аккомодации и конвергенции глаза. По виду нистагм бывает маятникообразный, толчкообразный и смешанный, по направлению – горизонтальный, вертикальный, круговой и диагональный. Одной из форм нистагма является так называемый оптокинетический нистагм (физиологический), возникающий при рассматривании быстро движущихся перед глазами объектов. Патологический нистагм может стать следствием патологии внутриутробного раз-

вития, неблагоприятного течения родового периода и раннего постнатального.

Аномалии и патология вспомогательных органов глаза.

Пороки развития глазного яблока или его частей могут носить наследственный характер или возникать в результате влияния на плод различных вредных факторов. Наиболее тяжелый порок развития – отсутствие глаза (*анофтальм*), чаще наблюдается резкое уменьшение глаза – *микрофтальм*.

Аномалии и патология век занимают около 10 % в общей структуре заболеваний глаз. Различают врожденные и приобретенные заболевания век с локализацией в коже, мышцах, железах, краях век. К врожденной патологии относятся главным образом аномалии развития, положения и опухоли, к приобретенной – в основном воспалительные заболевания и повреждения.

Аномалии развития и положения век обусловлены воздействием повреждающих факторов на этапе их закладки и развития во внутриутробном периоде.

Криптофтальм – редкая тяжелая аномалия, состоит в отсутствии у новорожденного ребенка век и глазных щелей с обеих сторон. Чаще всего сопровождается отсутствием роговицы, хрусталика и полным отсутствием зрения.

Микроблефарон – аномалия, характеризующаяся уменьшением вертикального размера век.

Птоз, или опущение верхнего века – наиболее часто встречающаяся аномалия век. Причиной врожденного птоза является недоразвитие мышцы, поднимающей верхнее веко или нарушение ее иннервации. При значительном опущении верхнего века дети для удобства вынуждены поднимать голову кверху и наморщивать лоб – «голова звездочета». Сопровождается снижением остроты зрения на стороне птоза, некоторым сужением поля зрения и нередко содружественным косоглазием. В возрасте 3 лет проводится оперативное лечение птоза.

Воспалительные заболевания век – часто встречающаяся патология.

Ячмень – острое воспаление сальной железы, возникающее на наружной стороне век, вызванное микроорганизмами. Возникно-

вание связано со снижением защитных сил организма и попаданием на конъюнктиву век мелких инородных тел. Характеризуется появлением ограниченного покраснения и припухлости, болезненности в области одного или обоих век. На 2–3 день очаг желтеет, на 3–4 день вскрывается с появлением гнойного содержимого, болезненность уменьшается. Отечность и гиперемия исчезают к концу недели.

Острый мейбомит – воспаление мейбомиевой железы на внутренней стороне век, по характеру течения схоже с ячменем.

Халазион, или *градина* – хронический воспалительный процесс в области мейбомиевой железы. В некоторых случаях развивается после острого мейбомита. Течение вялое, почти безболезненное. В толще хряща века образуется плотная округлая, хорошо пальпируемая «опухоль» размером от спичечной головки до крупной горошины. Лечение, чаще всего, оперативное.

Блефарит – двустороннее воспаление краев век, как правило, течение продолжительное. Причины многообразны, могут быть инфекционной и неинфекционной природы. Часто возникновению заболевания способствуют неблагоприятные санитарно-гигиенические условия, токсико-аллергические состояния организма и снижение защитных сил организма. Проявляется покраснением и утолщением краев век, а также зудом и болью. Для ускорения лечения и благоприятного исхода важно установить причину блефарита. Осложнением блефаритов может стать заворот век, устраняемый с помощью пластических операций.

Аномалии и патология слезного аппарата составляют 3–6 % случаев заболеваний органа зрения.

Аномалии слезной железы проявляются в ее недостаточном развитии и гипофункции, отсутствии и алакрии, а также в опущении или гипертрофии с гиперфункцией. В случае недостаточного развития или отсутствия слезной железы, а, следовательно, и слезной жидкости глаз уязвим для множества внешних воздействий, которые приводят к грубым, подчас необратимым изменениям в переднем отделе глазного яблока – развитию ксерофа (высыхание, дистрофия, помутнение, распад) и потере зрения,

так как железы, расположенные в конъюнктиве, не обеспечивают непрерывное и достаточное увлажнение, обеззараживание и удаление флоры, инородных тел. При этом также нарушается питание роговицы.

Аномалии слезных путей являются результатом недоразвития или задержки обратного развития определенных морфологических структур в период внутриутробного развития. Могут наблюдаться аномалии любого отдела слезных путей (ручей, озеро, точки, каналы, мешок, носослезный проток). Основные симптомы нарушения слезных путей – слезостаз и слезотечение, обнаруживаемые в первые недели, но чаще начиная со второго месяца жизни ребенка.

Приобретенная патология слезных органов включает нарушение секреторной функции слезных желез, воспаления и опухоли.

Дакриоаденит – воспаление слезной железы, обычно одностороннее, может иметь острое или хроническое течение. Протекает с гиперемией, болезненностью, повышением температуры. Развившийся отек сдвигает глазное яблоко, вследствие чего возникает диплопия.

Каналикулит – воспаление слезных канальцев. Возникает в результате заболеваний век, конъюнктивы и слезного мешка. Может быть бактериальной, грибковой и вирусной природы и принимать хроническое течение. Проявляется слезостазом и слезотечением. Отмечается отечность, гиперемия, болезненность при надавливании в области слезных канальцев.

Дакриоцистит – воспаление слезного мешка. Может протекать в острой и хронической формах. Возникает вследствие стеноза носослезного канала и застоя слезы в слезном мешке, что способствует развитию патогенной флоры. Проявляется слезотечением, покраснением, отеком и резкой болезненностью.

Воспалительные заболевания слезопродуцирующих и слезоотводящих органов требуют неотложного вмешательства.

Заболевания конъюнктивы. *Конъюнктивит* – воспаление конъюнктивы, самое распространенное заболевание глаз. Различают бактериальные, вирусные и аллергические конъюнктивиты.

По течению бывают острые (продолжительностью от нескольких дней до 1–2 месяцев) и хронические. Основными признаками конъюнктивитов являются: покраснение и отечность конъюнктивы, чувство инородного тела (песка), жжение, зуд и боль в глазу. Эти признаки сопровождаются светобоязнью, слезотечением, обильным гнойным отделяемым, склеивающим веки по утрам. Процесс может распространиться на роговицу – формируется поверхностный кератит. Для предотвращения распространения инфекции необходимо соблюдать правила личной гигиены.

Трахома – хронический инфекционный кератоконъюнктивит. Заканчивается рубцеванием очага воспаления. Тяжелы последствия трахомы: укорочение конъюнктивальных сводов, перерождение слезных (добавочных) и мейбомиевых желез, приводящее к ксерозу (пересыханию) роговицы; рубцовая деформация хряща век; заворот век.

Аномалии и патология оболочек глазного яблока.

Заболевания роговицы. Роговица глаза очень ранима из-за непрерывного контакта с окружающей средой. Роговица больше всего подвергается воздействию света, тепла, микроорганизмов и инородных тел. В ней могут возникать разнообразные анатомические и функциональные изменения. Патология роговицы встречается в виде врожденных аномалий, опухолей, дистрофий, воспалений и повреждений.

Аномалии роговицы чаще характеризуются изменениями ее размеров и радиуса кривизны.

Микрокорнеа, или малая роговица – такое состояние роговицы, при котором ее диаметр уменьшен по сравнению с возрастной нормой на 1–2 мм.

Макрокорнеа, или большая роговица, размеры ее увеличены по сравнению с возрастной нормой более чем на 1 мм.

Изменения размеров роговицы влекут за собой изменение ее кривизны, что существенно снижает клиническую рефракцию и зрительные функции. Кроме того, они могут сопровождаться повышением внутриглазного давления (глаукомой).

Кератоконус – состояние роговицы, при котором значительно (конусообразно) изменена ее форма и кривизна. Процесс возникает чаще в возрасте 8–9 лет и старше, развивается медленно, обычно без воспалительных явлений. Эта аномалия роговицы (как правило, двусторонняя) сочетается с неправильным астигматизмом, не поддающимся коррекции обычными очками. Иногда помогают контактные линзы. Всегда приводит к ухудшению зрения по типу астигматизма.

Кератоглобус – выпуклая форма поверхности роговицы на всем протяжении. Радиус кривизны роговицы изменен, с явлениями астигматизма. Зрение снижено.

Лечение перечисленных аномалий состоит в оптической коррекции аметропии и осуществлении оперативных вмешательств.

Кератиты – воспаления роговицы. Вследствие остаточных помутнений часто приводят к снижению зрения (до 20 % случаев слепоты и слабовидения). Бывают вирусной, бактериальной и токсико-аллергической природы. Ведущий признак кератитов – наличие воспалительного инфильтрата в разных отделах роговицы, характеризующегося разнообразной формой, величиной, глубиной залегания, цветом и чувствительностью. Возникает светобоязнь, слезотечение, блефароспазм, чувство инородного тела в глазу, боль. При появлении в роговице инфильтрата теряется ее прозрачность, зеркальность и блеск. Наиболее частый исход кератитов – это помутнение роговицы. Большей частью обусловлено перерождением глубоких нерегенерирующих структур роговицы. В связи с этим наступает стойкое снижение остроты зрения.

Последствием воспалительных, а также дегенеративных изменений в роговой оболочке нередко являются помутнения роговицы, что приводит к стойкому снижению зрения.

Бельмо – помутнение роговой оболочки глаза, вызванное ее рубцовыми изменениями, вследствие воспалительного процесса или проникающего ранения роговицы. Встречается врожденное. В зависимости от размеров рубцовых изменений может развиваться полная слепота или значительное снижение зрения, неправильное преломление световых лучей в роговой оболочке и часто

искажение и нечеткость получаемых глазом зрительных изображений.

Аномалии и заболевания сосудистой оболочки глаза составляют до 30 % всех заболеваний глаз. Особенно тяжелы изменения при внутриутробной патологии глаз у детей. Как правило, они резко снижают зрение и делают невозможным обучение в школах общего профиля.

К порокам развития относят дефекты радужки или собственно сосудистой оболочки – так называемые *колобомы*; возможно полное отсутствие радужки – *аниридия*.

Увеиты – воспаления сосудистой оболочки, могут привести к резкому снижению остроты зрения и слепоте. По локализации выделяют: передние увеиты – ирит – воспаление радужки и циклит – воспаление цилиарного тела, которые в основном протекают совместно как иридоциклит; задние увеиты – хориоидит – воспаление собственно сосудистой оболочки. Воспаление всех отделов сосудистого тракта называется панувеит.

Иридоциклит проявляется прежде всего резкой болью в глазу и соответствующей половине головы, усиливающейся по ночам. Появление болей связано с раздражением цилиарных нервов. Боль в области цилиарного тела резко усиливается при пальпации глаза через веки. Характерна светобоязнь. Болевая реакция на свет усиливается в момент аккомодации и конвергенции. Возможно нарушение зрения. При развившемся иридоциклите изменяется цвет радужки, появляется ступенчатость ее рисунка и миоз – сужение зрачка. Частыми признаками иридоциклитов являются помутнение влаги передней камеры, а также появление гноя или крови. Важным симптомом иридоциклита является образование задних спаек радужной оболочки и передней капсулы хрусталика. При полном заращении зрачка происходит блокирование оттока влаги из задней камеры в переднюю. Внутриглазная жидкость, скапливаясь в задней камере, выпячивает радужку впереди. Вследствие нарушения оттока внутриглазной жидкости возможно развитие вторичной глаукомы. Симптомом иридоциклитов служит и появление экссудата в стекловидном теле, вызывающего диффузные или хлопьевидные плавающие помутнения.

Хориоидиты субъективно проявляются чаще всего в понижении остроты зрения в соответствии с величиной и локализацией очага, вовлечением сетчатки (хориоретинит) и зрительного нерва, помутнении стекловидного тела. Появляется искажение предметов, невозможность или затруднения при чтении, мерцание перед глазами, появление искр, вспышек. Ухудшается сумеречное зрение. В поле зрения определяется относительная или абсолютная центральная скотома; цветоощущение нарушено по приобретенному типу.

Заболевания сетчатки являются частой клинической формой слепоты и слабости зрения, связаны с ее диффузными и ограниченными помутнениями, кровоизлияниями и пигментациями. Объективно патология сетчатки устанавливается лишь при осмотре глазного дна, а косвенно проявляется снижением центрального и периферического зрения, нарушением цветового зрения, темновой адаптации и выпадениями в полях зрения. Характер дефекта и его выраженность зависят от локализации и распространенности патологического процесса.

Аномалии развития сетчатки, резко снижающие ее светочувствительную функцию, встречаются крайне редко (например, альбинизм сетчатки) и носят врожденный характер.

Ретинопатии – понятие, объединяющее различные заболевания сетчатки глаза невоспалительного характера (первичные ретинопатии) и ее поражения при некоторых заболеваниях других органов и систем (вторичные ретинопатии), проявляется в помутнении сетчатки. Острота зрения снижается, появляются темные пятна перед глазами, хотя внешне глаза у таких людей спокойны, преломляющие среды прозрачны.

Ретинопатия недоношенных – тяжелое заболевание глаз, развивающееся преимущественно у глубоко недоношенных детей и связанное с нарушением нормального образования сосудов сетчатки. Является основной причиной слепоты и слабости зрения с детства. Факторами риска развития заболевания являются: состояние матери в период беременности (хронические заболевания женских половых органов, кровотечения в родах, хронические

инфекции организма, курение), гипоксические состояния плода, пребывание ребенка в условиях искусственной вентиляции легких и длительная кислородотерапия. В дальнейшем у детей, которые перенесли легкие стадии ретинопатии, могут развиваться миопия, глаукома, амблиопия, дистрофия сетчатки, поздняя отслойка сетчатки. При тяжелых стадиях заболевания развивается слепота.

Наиболее частыми причинами резкого снижения, вплоть до потери зрительной функции, являются отслойка сетчатки, ее контузионный отек, разрывы и отрывы, кровоизлияния в ее слои.

Первичная отслойка сетчатки встречается примерно в 1 случае на 10 000 населения и без лечения приводит к слепоте глаза. Ее причинами могут быть воспаления и дистрофии сетчатки; ретинопатии различной природы; дегенеративные ишемические изменения периферии сетчатки в сочетании с растяжением глаза при высокой осевой близорукости; сморщивание стекловидного тела; непрямые травмы тела (например, падения, ушибы головы, резкое поднятие тяжестей) и др. Непременным условием первичной отслойки сетчатки является нарушение ее целостности, то есть разрыв, который может быть самых разных размеров, с последующим проникновением под нее жидкости.

Вторичная отслойка сетчатки встречается значительно чаще и возникает вследствие различных воспалительных заболеваний глаз, новообразований, проникающих ранений глаза, сосудистых поражений сетчатки вследствие сопутствующих заболеваний (диабет, гипертония, токсикоз беременности и др.). Жалобы при отслойке сетчатки на понижение зрения обусловлены ее локализацией и распространенностью.

Нарушения циркуляции крови в сетчатке занимают большое место в ее патологии. В результате спазма или закупорки кровеносного сосуда внезапно наступает частичная или полная потеря зрения с его последующим неполным восстановлением. При закупорке вен сетчатки острота зрения снижается не так резко, как при закупорке артерий. Характеризуется появлением огненных вспышек и постепенным нарастанием тумана перед глазами. Возникающие резкие застойные явления приводят к возникновению множествен-

ных мелких кровоизлияний по всему глазному дну, особенно в области диска зрительного нерва. Развивающийся отек и атрофия зрительного нерва могут приводить к стойкой утрате зрения.

Дистрофические изменения сетчатки (ретинодистрофии) характеризуются постепенным ухудшением показателей центрального и периферического зрения. Одним из первых симптомов этого наследственного заболевания является потеря зрения в темноте. Дегенерация (дистрофия) сетчатки – нередкая патология пожилого возраста, но у детей – явление сравнительно редкое, как правило, врожденного или наследственного характера. Течение их медленное, но прогрессирующее; они ведут к слабовидению и слепоте. Обратное развитие процесса невозможно.

Пигментная дегенерация сетчатки характеризуется так называемой гемералопией («куриной слепотой»), то есть резким ухудшением зрительных функций в сумерки. Происходит сужение границ поля зрения и резкое снижение темновой адаптации. Заболевание наследственного характера, сочетающееся, как правило, с тугоухостью и эндокринными расстройствами (карликовый рост, ожирение, задержка умственного развития).

Воспаления сетчатки (ретиниты) возникают вследствие заноса инфекции через кровь при сепсисе, при поражении собственно сосудистой оболочки глаза вследствие туберкулеза, ревматизма и др., при травматических повреждениях глаз, при воздействии на глаза ультрафиолетовым или ионизирующим излучением.

Одним из наиболее часто встречающихся злокачественных новообразований сетчатки является *ретинобластома*. Заболевание возникает в первые месяцы или в первые годы жизни. Происходит из зернистого слоя сетчатки. Заболевание начинается незаметно, быстро прогрессирует, занимая большую часть полости глаза. Глаз рано слепнет. Зрачок становится широким и приобретает желтое свечение, которое получило название «амавротический кошачий глаз». В дальнейшем опухоль прорастает в зрительный нерв, склеру, заглазничную клетчатку, мозг, а также метастазирует в другие органы и приводит к смерти. Обычно поражается один глаз, а через некоторое время и другой.

Патология хрусталика у детей представлена аномалиями его формы и размеров, нарушениями положения и прозрачности. Патологические нарушения могут быть как врожденными, так и приобретенными. *Аномалии развития хрусталика* являются врожденными и встречаются редко.

Микрофакия (маленький хрусталик) и *макрофакия* (большой хрусталик) – врожденные аномалии развития хрусталика, сопровождающиеся более или менее выраженным снижением зрения из-за нарушения рефракции и ослабления аккомодационной способности. Макрофакия часто сопровождается глаукомой. *Сферофакия* – хрусталик шарообразной формы. *Лентиконус* – изменение формы поверхности хрусталика.

Афакия – состояние после удаления хрусталика, пораженного катарактой. Характеризуется резким снижением остроты зрения вследствие отсутствия аккомодации. Коррекция зрения проводится контактными линзами.

Наиболее часто наблюдаются *изменения хрусталика в связи с наличием остатков сосудистой капсулы*, не завершившей процесс обратного развития во внутриутробном периоде. Варианты аномалии: точечные помутнения задней капсулы хрусталика, остатки артерии стекловидного тела и другие.

Изменения положения хрусталика. Вывихи и подвывихи хрусталика могут быть врожденными и приобретенными. Предрасполагающим фактором к возникновению смещения хрусталика может быть слабость связок, прикрепляющих его к цилиарному телу. В результате имеется опасность смещения хрусталика в переднюю камеру или стекловидное тело. Такое смещение может привести к повышению внутриглазного давления. Подвывих хрусталика может быть самостоятельным заболеванием или сопутствовать какому-либо заболеванию.

Катаракта – помутнение хрусталика, снижающее его прозрачность. Катаракты подразделяют на врожденные и приобретенные. Причиной могут стать инфекционные заболевания у беременных, травма, воздействие ионизирующего излучения, ряда химических веществ, сахарный диабет, возраст. Сопровождаются

катаракты снижением остроты зрения разной степени. Катаракта является одной из частых клинических форм слепоты и слабовидения. Врожденная катаракта встречается у 1 из 200 родившихся детей, является причиной 10 % случаев слепоты среди детей. Врожденные катаракты могут быть наследственными или возникать в результате внутриутробной патологии.

Нарушение внутриглазного давления. Глаукома относится к хроническим заболеваниям глаза, которые приводят к необратимой потере зрительных функций. Понятие «глаукома» объединяет большую группу заболеваний глаза различной этиологии. В патогенезе глаукомы важнейшее значение имеет нарушение соотношения продукции и оттока внутриглазной жидкости.

Первичная врожденная глаукома (гидрофтальм) проявляется до 3 лет жизни ребенка. Заболевание наследуется. Развитие заболевания связано с нарушением развития угла передней камеры, что является причиной нарушения оттока водянистой влаги и повышения внутриглазного давления. Проявляется светобоязнью, слезотечением, блефароспазмом, увеличением глазного яблока, увеличением и отеком роговицы, экскавацией диска зрительного нерва, гиперемией конъюнктивы.

Стадии глаукомы. Деление непрерывного глаукомного процесса условно. При определении стадии глаукомы принимают во внимание состояние поля зрения и диска зрительного нерва. Стадию глаукомного процесса определяют по степени увеличения диаметра роговицы, расширения экскавации диска зрительного нерва и снижения зрительных функций.

Стадия I (начальная) – границы поля зрения нормальные, но есть изменения в парацентральных отделах поля зрения (отдельные скотомы, дугообразная скотома, расширение слепого пятна). Экскавация диска зрительного нерва расширена, но не доходит до его края.

Стадия II (развитая) – выраженные изменения поля зрения в парацентральном отделе в сочетании с сужением его границ более чем на 10 ° в верхне- и/или нижненосовом сегменте, краевая экскавация диска зрительного нерва.

Стадия III (далеко зашедшая) – граница поля зрения concentrically сужена и в одном сегменте или более находится менее чем в 15° от точки фиксации, краевая субтотальная экскавация диска зрительного нерва.

Стадия IV (терминальная) – полная потеря зрения или сохранение светоощущения с неправильной светопроекцией. Иногда сохраняется небольшой островок поля зрения в височном секторе.

Уровень внутриглазного давления. При постановке диагноза внутриглазное давление обозначают: «а» – в пределах нормальных значений (ниже 22 мм рт. ст.); «b» – умеренно повышенное внутриглазное давление (ниже 33 мм рт. ст.); «с» – высокое давление (равно или выше 33 мм рт. ст.).

Патология проводникового отдела зрительного анализатора. *Аномалии развития зрительного нерва* носят врожденный или приобретенный характер. *Врожденная атрофия* зрительных нервов проявляется в полной необратимой слепоте. При *врожденной гипоплазии* (недоразвитии) и *пигментации диска* зрительного нерва зрение может быть сохранено.

Застойный диск зрительного нерва – отек диска невоспалительного характера, обусловленный, как правило, повышением внутричерепного давления. Наиболее распространенная из приобретенных аномалий. Застойный диск является обычно следствием задержки тканевой жидкости, отекающей в нормальных условиях из него в полость черепа. Причинами повышения внутричерепного давления могут быть опухоли головного мозга, инсульт, закрытые травмы черепа, менингиты и др. При застойном диске острота зрения быстро падает, поле зрения значительно сужается, в далеко зашедших случаях наступает полная слепота. Скорость развития застоя зависит от скорости нарастания внутричерепного давления. Если оно небольшое, то начальные стадии застойных дисков могут существовать годами.

Воспалительные заболевания зрительного нерва могут быть следствием воспалительных заболеваний головного мозга, воспаления придаточных пазух носа, общей инфекции (грипп), инфекции глаз и др. Зрительный нерв может поражаться в различных

отделах. Воспаление в интраокулярной части называют *невритом*, или папиллитом. Присутствуют изменения диска зрительного нерва. Всегда сопровождается ранним ухудшением зрительных функций. Общее состояние может не страдать. Неврит может сопровождаться болями в глубине орбиты или без них. При легких формах после лечения острота зрения полностью или почти полностью восстанавливается. Тяжелые формы неврита заканчиваются значительной атрофией зрительного нерва и падением зрительных функций. *Ретробульбарный неврит* – воспаление зрительного нерва за пределами глазного яблока. В начальных стадиях изменения диска зрительного нерва отсутствуют. Причиной заболевания могут быть рассеянный склероз, воспалительные процессы головного мозга, общие интоксикации, болезни придаточных пазух носа, вирусные заболевания и т. д. Диагностируется снижением остроты зрения, сужением полей зрения, особенно на красный и зеленый цвета, центральная скотома.

Атрофические процессы в зрительном нерве могут возникать как следствие воспалительных или застойных явлений в слепом пятне, интоксикаций. Снижение остроты зрения при атрофии зрительного нерва обусловлено локализацией и интенсивностью атрофического процесса. Если атрофический процесс распространяется на желтое пятно, отмечается значительное снижение остроты зрения. Если же поражаются периферические волокна зрительного нерва, то острота зрения может страдать незначительно, но более выражено ухудшение периферического зрения за счет сужения его границ. Атрофия диска зрительного нерва почти всегда проявляется расширением зрачков и почти полным отсутствием их реакции на свет, отсутствием реакций слежения и фиксации взгляда («блуждающий взгляд»). При тотальном разрушении зрительного нерва наступает полная слепота соответствующего глаза – *амавроз*.

Характер зрительных изменений при воздействии на *другие участки зрительных проводящих путей* зависит от локализации патологического процесса (опухоли, аневризмы сосудов и желудочков головного мозга). Полное поражение зрительного нерва до

хиазмы (перекреста) приводит к слепоте соответствующего глаза, при сохранении содружественной реакции зрачков на свет. При поражении зрительного пути раньше развиваются дефекты поля зрения на зеленый и красный цвета, а затем – на белый.

Патология подкорково-коркового отдела зрительного анализатора. Если при повреждении зрительных путей, расположенных до зрительной лучистости, больные осознают свой дефект в поле зрения, то при поражении области зрительной лучистости и других структур до коры большого мозга больные своего дефекта в поле зрения не замечают.

При поражении обширных участков латерального коленчатого тела и зрительной лучистости развивается *гомонимная гемиянопсия*, когда выпадают обе левые или обе правые половины полей зрения. Поражение небольших участков зрительной лучистости, а также опухоли или абсцессы височной и затылочной долей коры большого мозга вызывают выпадение четвертых частей поля зрения (квадрантов), возникает *квадрантная гемиянопсия*. При этом, как правило, сохраняются центральные участки полей зрения.

Помимо выпадения полей зрения, могут наблюдаться и другие его расстройства. Так, при нарушении мозгового кровообращения, опухолях, воспалительных процессах, мигрени, в результате раздражения корковых центров зрительного анализатора может возникать *фотопсия* – ощущение светящихся точек, искр, огненных поверхностей. Поражение более обширных участков коры большого мозга вызывает искаженное восприятие зрительных образов (*метаморфопсия*), возможны также зрительные галлюцинации.

При поражении наружной поверхности затылочной доли левого полушария (сосудистые заболевания головного мозга, опухоли, проникающие ранения) может возникнуть *зрительная агнозия* (неузнавание предметов при сохраненном зрительном их восприятии).

При ряде заболеваний, например, прогрессивном параличе, миастении, могут развиваться зрительные расстройства в связи с поражением двигательного аппарата глаза, обусловленным из-

менениями стволовых ядер глазодвигательного, отводящего и блокового нервов. При этом наблюдается нарушение бинокулярного зрения за счет расстройства конвергенции, что может сопровождаться и нарушением процесса аккомодации, связанного с одновременным напряжением аккомодационной мышцы и сокращением зрачков (реакция зрачков на конвергенцию и аккомодацию).

Травмы глаз – повреждения, возникающие в результате микроtraum и тупых травм (контузий), ожогов, проникающих ранений, встречаются часто. Их последствия определяются характером травмы, в том числе силой травматического воздействия, возможностью инфицирования. Опасными последствиями становятся кровоизлияния в оболочки и прозрачные структуры глаза, дислокация хрусталика, сотрясения сетчатки, отрыв зрительного нерва. Что может сопровождаться резким ухудшением зрительных функций (остроты и поля зрения), развитием глаукомы, дистрофическим поражением желтого тела, отслойкой сетчатки и др.

☞ Вопросы и задания

1. Зарисуйте схемы хода лучей и проекцию изображения в глазу при миопии и гиперметропии. Как корректируют миопию и гиперметропию?
2. Как способность к аккомодации изменяется с возрастом?
3. Чем обусловлена нечеткость изображения при астигматизме? Как проводят коррекцию астигматизма?
4. Что понимают под амблиопией? Какие факторы провоцируют развитие амблиопии?
5. Что понимают под содружественным косоглазием? Перечислите причины паралитического косоглазия и его признаки. Как косоглазие может отражаться на зрительной функции?
6. Реализация каких механизмов зрения затруднена при нистагме?
7. Как аномалии роговицы отражаются на реализации зрительной функции?
8. Назовите субъективные признаки увеитов?
9. Перечислите факторы риска развития ретинопатии недоношенных.
10. Как отслойка сетчатки будет отражаться на зрительной функции?
11. Назовите причины развития катаракты и ее проявления.

12. Каковы последствия глаукомы? Как обозначают уровень внутриглазного давления?
13. Что понимают под застойным диском зрительного нерва? Назовите его причины.
14. Назовите субъективные признаки неврита. Каковы последствия неврита для реализации зрительной функции?
15. Что понимают под скотомой, гомонимной гемианопсией, квадрантной гемианопсией? Изобразите графически эти проявления нарушений зрения?

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Аккомодация – способность глаза приспосабливаться к четкому видению предметов, находящихся от него на различных расстояниях.

Амблиопия – пониженное зрение из-за бездействия глаза, называют также «ленивым глазом».

Аметропия – несоразмерная рефракция, характеризуется фокусировкой лучей не на сетчатке.

Анализатор – совокупность центральных и периферических образований, воспринимающих и анализирующих изменения внешней и внутренней среды организма, представлен тремя отделами: периферическим, проводниковым и центральным.

Анизокория – разные по диаметру зрачки.

Анизометропия – разная длина глаз.

Астигматизм – наличие в одном глазу двух различных видов рефракции или одного вида рефракции, но разной степени преломления.

Бинокулярное зрение – зрение двумя глазами.

Близорукость (миопия) – аномалия рефракции глаза (сильная рефракция), при которой главный фокус оптической системы глаза находится между сетчаткой и хрусталиком.

Водянистая влага – прозрачная бесцветная жидкость, заполняющая камеры глазного яблока.

Гемианопсия – выпадение половины поля зрения.

Гетерофория – неодинаковая сила действия глазодвигательных мышц.

Главный фокус – точка на сетчатке, где собираются лучи света после рефракции.

Глазницы (орбиты) – костные впадины черепа, в которых находится глазное яблоко.

Глазное яблоко – эластичное образование, имеющее не совсем правильную, шаровидную форму.

Дальнозоркость (гиперметропия) – аномалия рефракции глаза (слабая рефракция), при которой главный фокус расположился бы за сетчаткой, характеризуется нечеткостью изображения.

Дейтеранопия – неразличение зеленого цвета.

Дилатор зрачка – мышца, расширяющая зрачок.

Диоптрия – единица измерения оптической силы линзы.

Диплопия – двоение видимых предметов.

Желтое пятно (*macula*) – место на сетчатке, где находится скопление колбочек.

Задний полюс глазного яблока – наиболее выступающая точка его задней поверхности, расположена латерально (кнаружи) от места выхода зрительного нерва.

Зрачковый рефлекс – рефлекторное изменение диаметра зрачка.

Зрительная ось – условная линия, соединяющая рассматриваемый предмет и центральную ямку.

Зрительный перекрест (хиазма) – место, где совершаются расхождение и частичный перекрест волокон зрительного нерва.

Камеры глазного яблока – щелевидные полости, располагающиеся впереди (передняя) и позади (задняя) радужки и сообщающиеся между собой через зрачок.

Канал зрительного нерва – костный канал, в котором проходит зрительный нерв.

Качество стимула – свойство стимула, вызывающее разные виды ощущений в пределах одной модальности.

Квадрианопсия – выпадение квадрантов поля зрения.

Кодирование – преобразование информации о действии стимулов разной модальности на рецепторный аппарат в нервные импульсы.

Меридианы глаза – условные линии, проведенные перпендикулярно экватору и соединяющие на поверхности глазного яблока оба его полюса.

Мидриаз – расширение обоих зрачков.

Миоз – сужение обоих зрачков.

Модальность рецептора – группа одинаковых сенсорных ощущений, возникающих в результате возбуждения сенсорных рецепторов определенного вида, реагирующих на определенный вид энергии.

Наружная ось глаза – условная линия, соединяющая передний и задний полюса глаза.

Нистагм – спонтанные, произвольные колебательные движения глазных яблок (дрожание глаз).

Оптическая ось – условная линия, проходящая через центры преломляющих сред глаза.

Орган чувств (сенсорный орган) – морфофункциональное образование, обеспечивающее оптимальные условия для функционирования рецепторов и анализаторов при помощи дополнительных структур (полостей, жидкостей, мышц), отвечает за восприятие сигналов, их первичный анализ, преобразование энергии внешнего воздействия в нервный импульс и передачу импульса в центральную нервную систему.

Острота зрения – максимальная способность различать отдельные объекты, показатель центрального зрения.

Передний полюс глазного яблока – наиболее выступающая точка его передней поверхности.

Периферическое зрение – зрение, обеспечиваемое палочковым аппаратом, отвечает за ориентацию в пространстве, обладает высокой чувствительностью по отношению к движущимся предметам.

Поле зрения – пространство, которое одновременно воспринимается глазом при его фиксации в одной точке, показатель периферического зрения.

Порог ощущения – минимальная сила раздражения, вызывающая такое возбуждение, которое воспринимается субъективно в виде ощущения.

Порог различения – минимальное изменение силы действующего раздражителя, воспринимаемое субъективно в виде изменения интенсивности ощущения.

Проекционная зона нейрона – корковые нейроны одной системы (их совокупность), с которыми связан нейрон.

Протанопия – неразличение красного цвета.

Радужка – часть сосудистой оболочки глаза, представляет собой тонкую округлую пластинку в виде диска с отверстием в центре – зрачок.

Ресничная (цилиарная) мышца – произвольная мышца, аккомодационная часть ресничного тела.

Ресничное (цилиарное) тело – утолщенный участок сосудистой оболочки, лежащий в виде кольца в области перехода склеры в роговицу.

Рефракция – способность глаза преломлять лучи света.

Рецептивная зона нейрона – совокупность рецепторов, которые несут сигналы данному нейрону.

Роговица – прозрачная часть фиброзной оболочки глаза.

Сенсорная система – совокупность структур, воспринимающих и анализирующих раздражители, а также осуществляющих обратную связь высших центров анализа с управляющим и рецепторным аппаратом, их настройку и отсеивание неактуальной информации.

Сетчатка – внутренняя светочувствительная оболочка глазного яблока.

Склера – непрозрачная часть фиброзной оболочки глаза.

Скотомы – дефект поля зрения, не достигающий его границ.

Слепое пятно – место выхода зрительного нерва из сетчатки, характеризуется отсутствием фоторецепторов.

Сосудистая оболочка глаза – оболочка глаза, расположенная под фиброзной.

Стекловидное тело – прозрачная студенистая масса, заполняющая все пространство глаза между сетчаткой сзади, хрусталиком и задней стороной ресничного пояса спереди.

Стереоскопичность зрения – способность соединять изображение, падающее на область центральной ямки глаз, в единый корковый образ.

Стимулы – факторы внешней и внутренней среды, действующие на рецепторы органов чувств (температура, давление, химические вещества, электромагнитное излучение – свет, звук).

Сфинктер зрачка – мышца, суживающая зрачок.

Тританопия – неразличение синего цвета.

Фиброзная оболочка глаза – оболочка, покрывающая глазное яблоко снаружи.

Хрусталик – плотное, совершенно прозрачное тело, имеющее форму двояковыпуклой линзы, относится к внутреннему ядру глазного яблока.

Центральная ямка (fovea) – середина углубления желтого пятна.

Центральное зрение – зрение, обеспечиваемое колбочковым аппаратом, отвечает за восприятие цвета и определение формы предмета.

Экватор глаза – условная линия, представляющая наибольшую окружность глазного яблока во фронтальной плоскости.

Эмметропия – соразмерная рефракция, характеризуется фокусировкой лучей на сетчатке.

1. Батуев, А.С. Введение в физиологию сенсорных систем / А.С. Батуев, Г.А. Куликов. – М., 1991.
2. Глазные болезни / А.А. Бочкарева и др.; под ред. А.А. Бочкаревой. – М., 1986.
3. Кейдель, В.Д. Физиология органов чувств / В.Д. Кейдель. – М., 1975.
4. Ковалевский, Е.И. Глазные болезни / Е.И. Ковалевский. – М., 1986.
5. Основы сенсорной физиологии / под ред. Р. Шмидта. – М., 1984.
6. Основы физиологии человека / В.Б. Брин и др.; под общ. ред. Б.И. Ткаченко. – СПб., 1994.
7. Сенсорные и речевые системы и их нарушения у детей / сост. О.Н. Малах. – Витебск, 2005.
8. Смирнов, В.М. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность / В.М. Смирнов, С.М. Будылина. – М., 2003.
9. Тейлор, Д. Детская офтальмология / Д. Тейлор, К. Хойт; пер. с англ. – М., 2007.
10. Турик, Г.Г. Основы сенсорной физиологии / Г.Г. Турик. – Минск, 1988.
11. Физиология сенсорных систем / под общ. ред. Я.А. Альтмана. – СПб., 2003.
12. Физиология человека / В.М. Покровский и др.; под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротко. – М., 2003.
13. Физиология человека: в 4 т. / под ред. П.Г. Костюка. – М., 1985. – Т. 2.
14. Физиология человека: в 2 ч. / А.И. Кубарко и др.; под ред. А.И. Кубарко. – Минск, 2011. – Ч. 2.
15. Физиология человека / под ред. Г.И. Косицкого. – М., 1985.
16. Хьюбел, Д. Глаз, мозг, зрение / Д. Хьюбел; пер. с англ. – М., 1991.
17. Шипицына, Л.М. Анатомия, физиология и патология органов слуха, речи и зрения / Л.М. Шипицына, И.А. Вартамян. – М., 2008.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Тема 1. Общие сведения о сенсорных системах	4
Тема 2. Строение зрительной сенсорной системы.....	21
Тема 3. Физиология зрительной сенсорной системы	48
Тема 4. Патология зрительной сенсорной системы	72
Словарь терминов	98
Литература.....	102

Учебное издание

Скриган Галина Владимировна

АНАТОМИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И ПАТОЛОГИЯ ОРГАНОВ ЗРЕНИЯ

Пособие

Редактор Н.И. Смолич

Техническое редактирование и компьютерная верстка И.И. Дроздовой

Подписано в печать 25.04.12. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура *Таймс*.
Печать Riso. Усл. печ. л. 6,05. Уч.-изд. л. 5,46. Тираж 200 экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение:

*Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический
университет имени Максима Танка».*

ЛИ № 02330/0494368 от 16.03.09.

ЛП № 02330/0494171 от 03.04.09.

Советская, 18, 220030, Минск.

<http://izdat.bspu.unibel.by/>